ELEKTRIE

8|88

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN · Postverlagsort für DDR Leipzig · EVP 2,50 Mark · ISSN 0013—5399

VEM®

KDT

8. Symposium
Elektromaschinenbau

0120250

Jetzt in bearbeiteter Auflage!

Elektrische Maschinen

Berechnung rotierender elektrischer Maschinen

Von Prof. Dr. sc. techn. Karl Vogt
Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. habil. Germar Müller
4., bearbeitete Auflage. 504 Seiten, 342 Bilder, 50 Tafeln, Kunstleder, DDR 36,— M, Ausland 50,— DM. Bestellangaben: 553887 5/Vogt, Berechnung

Das Buch gehört zum Hochschullehrwerk „Elektrische Maschinen", Herausgeber Prof. Dr.-Ing. habil. Germar Müller. Hauptanliegen dieses Buches ist die Herausarbeitung der für die Berechnung elektrischer Maschinen wesentlichen physikalischen Zusammenhänge und deren analytische Formulierung als notwendige Basis sowohl für eine den Anforderungen der technischen Entwicklung gerechte Lehre als auch für die zu einer solchen Entwicklung erforderliche schöpferische Ingenieurtätigkeit.
Die jetzt erscheinende Auflage berücksichtigt moderne Verfahren zur numerischen Feldberechnung sowie zur Berechnung dauermagnetisch erregter Magnetkreise. Ein Abschnitt über Zeitkonstanten der Gleichstrommaschinen wurde aufgenommen.

Hauptgliederung des Buches:

Wicklungen rotierender elektrischer Maschinen Allgemeine Bezeichnungen und Gesetzmäßigkeiten · Wicklungen mit ausgebildeten Strängen · Kommutatorwicklungen · Polwicklungen

Berechnungselemente rotierender elektrischer Maschinen Magnetischer Kreis · Streuung · Stromwendung · Stromverdrängung · Verluste · Kräfte · Induktivitäten und Reaktanzen · Zeitkonstanten

Entwurf rotierender elektrischer Maschinen Prinzipieller Entwurfsgang · Entwurf unter Berücksichtigung zusätzlicher Bedingungen

Entwurfs- und Berechnungsgänge der wichtigsten rotierenden elektrischen Maschinen Gleichstrommaschine · Asynchronmaschine · Synchronmaschine · Drehstromkommutatormaschine

Anhang Magnetisierungskurven · Entmagnetisierungskurven
Literaturverzeichnis
Sachwörterverzeichnis.

Auslieferung in diesen Tagen durch den Fachbuchhandel

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

8|88 ELEKTRIE

42. Jahrgang

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift der Elektrotechnik

ISSN 0013–5399

Organ des Fachverbands Elektrotechnik der Kammer der Technik

Die Zeitschrift erhielt die Goldene Ehrenplakette der KDT

Redaktionsbeirat

Vorsitzender:

Prof. Dr. sc. techn. J. Vogel

Mitglieder:

Prof. Dr. sc. techn. S. Altmann · Prof. Dr. sc. techn. H. Böhme · Prof. Dr. sc. techn. P.-K. Budig · Dr. sc. techn. G. Burkhard · Dr.-Ing. D. Flügge · Obering. K. Friedel · Prof. Dr. sc. techn. J. Hoffmann · Dipl.-Ing. H. Kabisch · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Lappe · Dr. rer. nat. K. Möbius · Prof. Dr. sc. techn. E. Muschick · Prof. Dr. sc. techn. V. Pfeiler · Prof. Dr.-Ing. e. h. K. Pommer · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Schönfeld · Obering. Dipl.-Ing. N. Wass · Prof. Dr.-Ing. habil. G. Wunsch

Korrespondenten:

Dr.-Ing. K. Hannella, Ilmenau · Dr.-Ing. W. Jordan, Dresden

Titelbild

Elektrische Kleinmotoren bis zu Leistungen von einigen hundert Watt unterscheiden sich in Konstruktion und Sortiment von jenen größerer Leistung. Hohe Stückzahlen von Geräten für die Informations- und Automatisierungstechnik sowie der Bedarf der Heimtechnik bestimmen die Fertigung der Kleinmotoren. Standardreihen setzen sich bei Kleinmotoren nur schwer durch.
Unser Bild zeigt Kleinantriebe für die Automatisierung und die Heimtechnik. Das vorliegende Heft stellt Ihnen Probleme bei der Herstellung und beim Einsatz von Kleinantrieben vor, wie sie auf dem 8. Symposium Elektromaschinenbau diskutiert werden.

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Träger des Ordens Banner der Arbeit

Inhalt

Seite

Aktuelle Informationen 282

Reiche, H.
Komplexe Verantwortung für Kleinmotoren 283

80 Jahre Ingenieurausbildung in Wismar — Ingenieurhochschule wurde Technische Hochschule 284

Fachaufsätze

Weller, W.
Gleichstrommikromotoren für anspruchsvolle Antriebe 285

Fichtner, K.
Komplette Gleichstromstellmotoren — dynamische Energiewandler der Automatisierungstechnik 286

Mühle, B.
Optoelektronischer Impulsgeber — eine universelle Baueinheit zur Drehzahl-, Drehwinkel- und Drehrichtungserfassung 288

Möbius, R.
Elektronikmotoren für Geräteantriebe 291

Strehlau, H.-J.
Hermetikmotoren — Beispiel für die optimale Gestaltung eines Einzweckantriebes 293

Schult, U.
Permanenterregte Motoren kleiner Leistung für allgemeine Anwendung 295

Steinbach, H.
Meßverfahren für elektrische Kleinmotoren in der Entwicklungsphase und der Fertigungskontrolle 298

Böttcher, R.
Meßverfahren zur direkten Ermittlung der Wicklungsübertemperatur bei kleinen Asynchronmotoren 300

Diedrichs, V.
Zur Identifikation der Modellparameter elektrischer Maschinen mit stochastischer Optimierung, Teil 3 302

Umschau

Fachtagungen 307

Patente 314

Bücher 317

AKTUELLE INFORMATION

Messen und Prüfen in der chemischen Industrie

Internationales Messesymposium

Zeit: 8. und 9. September 1988
Ort: Leipzig
Veranstalter: Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik in der KDT

Inhaltliche Schwerpunkte

— Prozeßautomatisierung
— Sensoren und Sensorsysteme für Meßgrößen in der chemischen Industrie
— Chromatografie
— Flüssigkeits- und Gasanalyse
— pH-Wert-Bestimmung
— Spektralanalyse

Anfragen

Telefonisch: 22 65 304 oder 22 65 218
Kammer der Technik
Präsidium — WGMA
PSF 1315, Berlin, 1086
K.-D. Müller, Berlin EA 2860

Hochspannungsschaltgeräte

10. KDT-Fachkolloquium Elektroenergieversorgung

Zeit: 9. und 10. November 1988
Ort: Zittau
Veranstalter: KDT-Fachsektion Elektroenergieversorgung der TH Zittau gemeinschaftlich mit dem FV-Elektrotechnik (WSEE, FUA 13.3 Hochspannungsschaltgeräte und -anlagen)

Inhaltliche Schwerpunkte

Zielstellung des Kolloquiums ist es, einen größeren Kreis von Fachkollegen über die Ergebnisse von Wissenschaft, Produktion und Betriebsführung dieser Geräte zu informieren. Im Mittelpunkt stehen dabei:

— Neue Schaltprinzipien
— Zuverlässigkeit
— Diagnose
— Instandhaltung

Anfragen

Technische Hochschule Zittau
KDT-Fachsektion E, Tel.: 61 314 oder 61 315
und Anmeldungen (Termin 15. 10. 1988)
Technische Hochschule Zittau
KDT-Fachsektion E
Theodor-Körner-Allee 16
PSF 261, Zittau, 8800
P. Reinhold, Zittau EA 2838

Entwurf und Betrieb von Industrie- und Kraftwerkseigenbedarfsnetzen

8. Fachtagung Stabile Energieversorgung

Zeit: 13. Dezember 1988
Ort: Leipzig
Veranstalter: Technische Hochschule Leipzig, Sektion Elektroenergieanlagen

Inhaltliche Schwerpunkte

— Betriebsverhalten von Synchron- und Asynchronmaschinen (PC-Programme)
— PC-Programm Kurzschlußgrößen
— Verbesserte Zuverlässigkeitsarbeit mit Zuverlässigkeitspaß
— Störlichtbogenbeherrschung in DS-NS-Schaltanlagen
— Erfahrungen mit Entwurf und Betrieb von Stromrichteranlagen

Anfragen

Kammer der Technik
BVo Leipzig
PF 40, Leipzig, 7010
oder
Technische Hochschule Leipzig
SEA 3, Dr.-Ing. H. Schau
Postfach 66, Leipzig, 7030
F. Kloeppel, Leipzig EA 2842

Computer- und Mikroprozessortechnik '88

Fachtagung mit internationaler Beteiligung aus den RGW-Ländern

Zeit: 15. und 16. Dezember 1988
Ort: Berlin
Veranstalter: Fachverband Elektrotechnik in der Kammer der Technik; Wissenschaftliche Sektion Computer- und Mikroprozessortechnik

Inhaltliche Schwerpunkte

— Mikroprozessorsysteme/Kundenschaltkreise
— Entwurfs- und Testsysteme
— Expertensysteme
— Personalcomputer (16 bit), Mikrorechnersystem (32 bit)
— Mikroprozeßrechner-/Steuerungssysteme
— Betriebssysteme
— Fachsprachen

Anfragen

sind schriftlich zu richten an
Kammer der Technik
Präsidium — Fachverband Elektrotechnik
PSF 1315, Berlin 1086
H. Hoppe, Berlin EA 2800

Angewandte numerische Magnetfeldberechnung

6. Wintertagung

Zeit: 7. bis 9. Februar 1989
Ort: Technische Universität Dresden
Veranstalter: Technische Universität Dresden, Sektion Elektrotechnik, WB Elektrische Maschinen

Inhaltliche Schwerpunkte

— Leistungsfähigkeit des Programmsystems XSFEL 83/87 nach dem Finite-Elemente-Verfahren zur Berechnung stationärer und instationärer elektromagnetischer Felder und Temperaturfelder
— Anwendung und Einbeziehung des Programmsystems XFEL 83/87 in den rechnergestützten Entwurfsprozeß (CAD) elektrotechnischer Erzeugnisse
— Anwendung des Multigridverfahrens für Magnetfelder an der TU Karl-Marx-Stadt, Sektion Automatisierungstechnik
— Weiterentwicklung der Software für Preprocessing, Processing und Postprocessing an der TU Dresden und TU Karl-Marx-Stadt
— Anwendung von Integralgleichungsmethoden zur numerischen Feldberechnung
— Demonstration und Diskussion spezieller Arbeitsschritte für Programmanwender

Anfragen

von Erstbesuchern (evtl. mit Angebot von Diskussionsbeiträgen) an
Technische Universität Dresden
Sektion Elektrotechnik
Doz. Dr. sc. techn. *W. Kunze*
Mommsenstr. 13, Dresden, 8027
W. Kunze, Dresden EA 2859

Qualität und Zuverlässigkeit in automatisierten Produktionsprozessen

9. Zuverlässigkeitstagung

Zeit: 11. und 12. Mai 1989
Ort: Leipzig
Veranstalter: Fachverband Elektrotechnik in der Kammer der Technik; Wissenschaftliche Sektion Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit

Inhaltliche Schwerpunkte

Theoretische Grundfragen der Zuverlässigkeitstechnik

- Modellierung der Zuverlässigkeit technischer Systeme
- Systeme mit mehreren Niveaus der Funktionstüchtigkeit (Leistungssysteme, Funktionseffektivität, Importanzanalyse)
- Zuverlässigkeit von Netzen
- Fehlertolerante Systeme

Ausfallmechanismen und Ausfallanalyse

- Screeningmethoden
- Beschleunigung der Ausfallmechanismen
- Methoden der Fehleranalyse

Fertigungsprozeß und Zuverlässigkeit

- Stabilität und Zuverlässigkeit im technologischen Prozeß
- Prozeßzuverlässigkeit und Erzeugnisqualität
- Rechnereinsatz zur Prozeßstabilisierung und Qualitätssicherung

Zuverlässigkeit unter Umgebungsbeanspruchungen

- Konstruktive und prüftechnische Zuverlässigkeitssicherung bei mechanisch und klimatisch beanspruchten Erzeugnissen
- Degradations- und Störmechanismen für umweltbeanspruchte Bauteile und Geräte
- Klassifizierung von Umgebungseinflüssen und Ableitung zugeordneter Prüfschärfen

Qualität der Software

- Grundfragen (Qualitätsmerkmale, Bewertung, Schnittstellen zur Hardwarequalität)
- Qualitätssicherung im Prozeß der Softwareherstellung und Nutzung
- Beitrag der Qualität der Software zur Qualität komplexer Lösungen.

Anfragen

und Teilnahme- sowie Vortragsanmeldungen (Termin 17. 10. 1988) sind schriftlich an den FV Elektrotechnik zu richten.
Kammer der Technik
Präsidium — FV Elektrotechnik
PSF 1315, Berlin, 1086
H. Hoppe, Berlin EA 2839

Komplexe Verantwortung für Kleinmotoren

Von

Dr. Ing. habil. Reiche

Vorsitzender des KDT-Aktivs im VEB Kombinat Elektromaschinenbau

Elektrische Kleinmotoren bis zu Leistungen von einigen hundert Watt sind in Konstruktion und Sortiment nach anderen Grundsätzen geordnet als ihre „Brüder" größerer Leistung. Herrscht besonders im mittleren Leistungsbereich der Motoren von 1 bis 1000 kW der Leistungsreihencharakter mit seinen Standardkonstruktionen vor, um vielen allgemeinen Anwendungsfällen herstellungsrationell Rechnung tragen zu können, sind die Kleinmotorenkonstruktionen von den hohen Stückzahlen der Geräte der Informations- und Automatisierungstechnik wie auch der Haushalttechnik diktiert. Standardreihen setzen sich bei Kleinmotoren nur schwer durch.

Der VEB Kombinat Elektromaschinenbau hat den volkswirtschaftlichen Auftrag, möglichst, rationell die Bedürfnisse nach Elektromotoren der Deutschen Demokratischen Republik zu befriedigen.

Als Hauptform bildete sich die Entwicklung und Produktion von Leistungsreihen über das gesamte Sortiment von etwa 0,5 W bis zu 6,3 MW Antriebsleistung heraus. Die für die einzelnen Motorentypen erzielten Fertigungsstückzahlen sichern im internationalen Vergleich auf diese Weise Höchststückzahlen und damit im Zusammenhang mit dem entsprechenden Automatisierungsgrad der Produktion eine außerordentlich hohe Produktivität der Fertigung.

Im Bereich der Kleinmotoren wirkt die Dialektik zwischen Standarderzeugnis und Einzwecklösung. Die Bemühungen des VEB Kombinat Elektromaschinenbau um die Bereitstellung universell nutzbarer Leistungsreihen im Kleinmotorenbereich seien am Komplex der Spaltpolmotoren erläutert, an einem Lehrbeispiel, das die Eigenheiten der Kleinmotoren in vieler Hinsicht heraushebt.

Noch im Jahre 1970 wurden in der DDR wie in allen anderen Industrieländern in ähnlicher Form auch eine bestimmte Anzahl von Spaltpolmotorentypen für die verschiedenen Antriebsaufgaben mit unterschiedlichsten Konstruktionen und Fertigungsverfahren benutzt. Entsprechend dem Prinzip zur Wahrnehmung der volkswirtschaftlichen Verantwortung und zur Erhöhung der Produktivität der Fertigung begann der VEB Kombinat Elektromaschinenbau mit der Entwicklung einer Leistungsreihe von Spaltpolmotoren im Leistungsbereich von 0,5 bis 26 W. Ohne internationales Vorbild wurde diese Leistungsreihe auf Rastermaße eines in der DDR verbindlichen Gefäßsystems und auf eine allgemein anwendbare Symmetrie der Konstruktion orientiert. Charakteristisch für das Lehrbeispiel war die bei der Entwicklung beherzigte absolute Priorität der Technologie: Das hochproduktive Herstellungsverfahren für die Motorenspulen bestimmte kompromißlos die konstruktive Ausführung [1]. Insgesamt 17 Typen wurden als Leistungsreihe den Anwendern zur Verfügung gestellt.

Der Geräteeinsatz konzentrierte sich jedoch auf nur wenige Anwendungsfälle, die zudem jeweils Modifikationen der Grundtypen darstellten. Ein bedeutender Einsatzfall ist die Laugenpumpe für Waschgeräte, ein Erzeugnis, das inzwischen in über 5 Millionen Stück gefertigt wurde. Interessant ist der Modifikationsanlaß: Der durch Einsatz hochwertiger Magnetwerkstoffe herabgesetzte Motorstrom bot nicht mehr die Sicherheit der automatischen Deckelverriegelung des Waschgeräts, er konnte zielstrebig durch Reduktion des Kupferaufwands hochgesetzt werden. Ebenfalls typisch die konstruktive Modifikation eines weiteren mit hohen Stückzahlen benötigten Motortyps für eine Luftdusche. Das Festhalten an der Ausführung der Plastteile des Gerätegehäuses erforderte besondere Nuten im Magnetkörper. Insgesamt kann heute wohl eingeschätzt werden, daß vom VEB Kombinat Elektromaschinenbau ein großer Rationalisierungseffekt in der Fertigung der Spaltpolmotorenreihe zu verzeichnen ist. Es ist aber die Erkenntnis gereift, bei der fälligen Weiterentwicklung die Prämissen der allgemeinen Verwendbarkeit, ausgedrückt durch Rastermaß und Symmetrie, zu verlassen, um dadurch weitere material-ökonomische Reserven erschließen zu können.

Ein einheitliches Fertigungsprinzip und eine konstruktive, modifikationsfähige Prinziplösung wird den bei größeren Leistungen üblichen Reihencharakter ersetzen.

Ich meine, es ist durch das gewählte Beispiel deutlich geworden, welche Einflüsse seitens des Anwenders bei der Gestaltung des Kleinmotorensortiments zu beachten sind und welche Unterstützung seitens der Anwender dem VEB Kombinat Elektromaschinenbau bei der Bereitstellung möglichst universell nutzbarer Erzeugnisse gegeben werden sollte. In verantwortungsvoller Zusammenarbeit zwischen Hersteller und Anwender muß das volkswirtschaftliche Optimum der Antriebslösung gesichert werden. Es ist deshalb die Pflege eines engen fachlichen Kontakts zwischen den Elektromaschinenbauern des VEB Kombinat Elektromaschinenbau mit den Anwenderbereichen, aber auch mit anderen, Kleinmotoren entwickelnden und produzierenden Partnern der Volkswirtschaft eine Hauptaufgabe der sozialistischen Ingenieurorganisation des VEB Kombinat Elektromaschinenbau gewesen, und wird es auch weiterhin sein.

Davon zeugt in diesem Jahr ganz speziell das 20jährige Jubiläum des Bestehens des Fachunterausschusses 5.5. der Kammer der Technik. Dank und Anerkennung den Mitgliedern dieses KDT-Fachgremiums!

Das vorliegende Heft dient der Einstimmung und Vorbereitung des 8. Symposiums Elektromaschinenbau der Kammer der Technik, das der bedeutenden volkswirtschaftlichen Aufgabe der Herstellung und des Einsatzes von Kleinmotoren erstmals in hoher Konzentration gewidmet ist.

Literatur

[1] Philippow, E.: Taschenbuch Elektrotechnik. Bd. 5. Berlin: VEB Verlag Technik 1986

EA 2851

80 Jahre Ingenieurausbildung in Wismar – Ingenieurhochschule wurde Technische Hochschule

Im Mai 1988 begingen die Wissenschaftler, Studenten, Arbeiter und Angestellten der Ingenieurhochschule Wismar den 80. Jahrestag des Beginns der Ingenieurausbildung in Wismar. Durch einen am 9. Mai 1908 unterzeichneten Vertrag zwischen der damaligen Stadtverwaltung und Direktor *Robert Schmidt* entstand die Ingenieur-Akademie als Privatinstitut und damit waren die Grundlagen der wissenschaftlichen Ausbildung für Ingenieure an der Wismarer Bucht geschaffen. Die Ingenieur-Akademie nahm im Oktober 1908 die Ausbildung von Studenten in den Abteilungen Bauingenieurwesen und Maschinenbau auf, im Sommer 1909 kamen die Abteilungen Elektrotechnik und Maschinenelektroingenieure dazu. 1922 ging die Akademie in städtisches Eigentum über und wurde später verstaatlicht. Die zweite Etappe der Wismarer Ingenieurausbildung begann mit der Wiedereröffnung der Bildungseinrichtung als „Staatliche Bau- und Ingenieurschule Wismar" am 15. Oktober 1945. Nach der III. Hochschulkonferenz wurde die Fachschule vom damaligen Staatssekretariat für Hoch- und Fachschulwesen übernommen und zur „Ingenieurschule für Schwermaschinenbau und Elektrotechnik Wismar" umgebildet. Sie erhielt die Aufgabe, Maschinen- und Elektroingenieure für die Werft-, Hafen- und Maschinenbaubetriebe auszubilden.

Die dritte Etappe der Ingenieurausbildung in Wismar begann mit der Gründung der Ingenieurhochschule Wismar am 1. September 1969. Die Ingenieurhochschule war in folgende Sektionen gegliedert:

— Technologie des Bauwesens
— Technologie der Elektrotechnik/Elektronik
— Technologie des Maschinenbaus
— Sozialistische Betriebswirtschaft

sowie in mehrere Abteilungen und Forschungszentren.

Mit der vom Wissenschaftlichen Rat der Hochschule beschlossenen Wissenschaftskonzeption sind die Hauptrichtungen für die Entwicklung von Erziehung, Aus- und Weiterbildung, Forschung und der materiell-technischen Basis bis zum Jahre 2000 vorgegeben. Nach Einführung neuer Studiendokumente an allen Sektionen soll eine höhere Qualität in der Ausbildung erreicht werden.

Die Sektion Elektrotechnik/Elektronik bildet Studenten in den Fachrichtungen Informationstechnik, Elektrotechnik und Automatisierungstechnik aus. Die Forschung bestimmt das wissenschaftliche Profil der Sektion. Die Sicherung von Zuverlässigkeit und Qualität ist Anliegen aller Forschungsarbeiten. Das reicht von der Entwurfszuverlässigkeit elektronischer Geräte über die mechanisch-dynamische Zuverlässigkeit, fehlertolerante Mehrrechnersysteme, die Automatisierung von Qualitätsprüfeinrichtungen bis zur Dimensionierung von elektroenergetischen Einrichtungen unter stochastischen Belastungs- und Zuverlässigkeitsannahmen. Bisher erhielten etwa 6000 Absolventen eine fundierte wissenschaftliche Ausbildung an der IH Wismar. Die Schwerpunkte der Arbeit entsprachen stets aktuellen oder künftigen Anforderungen der Praxis. Die Begriffe Wissenschaft, Technik und Produktion, die sich im Emblem der Hochschule zu einem Kreis schließen, stehen symbolhaft für die vielfältigen Wechselbeziehungen.

Die Gründung von Ingenieurhochschulen im Jahre 1969 leitete auch in Wismar eine neue Entwicklungsetappe ein, die durch eine starke Erweiterung der materiellen Bedingungen für die Ausbildung und eine beträchtliche Entwicklung des Lehrkörpers gekennzeichnet war. Der Bau neuer Laboratorien, Lehrgebäude, Wohnheime, einer Mensa, einer Sporthalle und weiterer Einrichtungen hat zu bedeutenden Verbesserungen an der Ingenieurhochschule geführt.

Ein neuer Abschnitt in der Geschichte der Ingenieurausbildung in Wismar wurde jetzt eingeleitet. Während eines Festaktes am 13. Mai 1988 verlieh der Minister für Hoch- und Fachschulwesen, Prof. Dr. *Hans-Joachim Böhme*, der Ingenieurhochschule den Status einer Technischen Hochschule. Zum Festakt waren Angehörige der Ingenieurhochschule und zahlreiche Gäste erschienen. Der 1. Prorektor, Prof. Dr.-Ing. *Gerhard Umbreit* begrüßte u. a. die Mitglieder des Zentralkomitees der SED *Ernst Timm*, 1. Sekretär der Bezirksleitung Rostock, *Heinz Ziegner*, 1. Sekretär der Bezirksleitung Schwerin, und die Vorsitzenden der Räte der Bezirke Rostock und Schwerin. Weiterhin waren Vertreter aus Hochschuleinrichtungen und Betrieben der DDR und Repräsentanten von elf Partnerhochschulen aus vier Ländern erschienen.

Minister *Böhme* würdigte die jahrzehntelangen Erfahrungen und guten Ergebnisse bei der Ausbildung von Ingenieuren und Ökonomen und den persönlichen Anteil des bisherigen Rektors der Ingenieurhochschule, Prof. Dr. sc. techn. *Heinrich Preuß*, der zuvor eine Bilanz der 80jährigen Ingenieurausbildung gezogen hatte. Ausbildung und Niveau müssen auch künftig den bevorstehenden Aufgaben und Erfordernissen entsprechen. Das gilt für die flexible automatische Produktion, die rechnergestützte Fertigung, die modernen Informations- und Kommunikationssysteme sowie für die breite und durchgängige Anwendung der CAD/CAM-Technik.

Mit der Umwandlung der Ingenieurhochschule in eine Technische Hochschule sind auch Veränderungen in der Struktur dieser Lehr- und Forschungseinrichtung, wie die Bildung einer Sektion aus der bisherigen mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung, der Beginn der Lehre in neuen Fachrichtungen sowie die Erweiterung des Promotionsrechts verbunden.

Minister *Böhme* würdigte die langjährige erfolgreiche Tätigkeit von Prof. *Preuß*, entpflichtete ihn vom Amt des Rektors und bestätigte die Wahl des neuen Rektors. Als erster Rektor der Technischen Hochschule wurde Prof. Dr. sc. oec. *Walter Schäfer* verpflichtet. Prof. *Schäfer* arbeitet seit 18 Jahren an der Hochschule. Sein Wirkungsbereich sind Technologie und ökonomische Vorbereitung der Bauproduktion. Traditionsgemäß erhielt der neue Rektor die Amtskette aus den Händen des Oberbürgermeisters der Stadt Wismar, *Günter Lunow*, der auf die enge und gedeihliche Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Territorium verwies.

G. Barth

EA 2853

Bild 1
Minister Prof. Dr. *H. Böhme* überreicht die Gründungsurkunde an den scheidenden Rektor der IH Wismar, Prof. Dr. sc. techn. *H. Preuß*

Bild 2
Magnifizenz Prof. Dr. sc. oec. *W. Schäfer* bei seiner Antrittsrede

Gleichstrommikromotoren für anspruchsvolle Antriebe

W. Weller, KDT, Hartha

Mit dem zunehmenden Einsatz der Mikroelektronik und dem Trend zu Automatisierung und Rationalisierung in allen Bereichen der Wirtschaft verstärkt sich auch der Einsatz von Gleichstromstellmotoren für gesteuerte und geregelte Antriebe. Im unteren Leistungsbereich, der bezüglich seiner Anwendungsbreite den weitaus größeren Bedarf an solchen Stellmotoren hat, kommen aufgrund ihrer für Steuerungs- und Regelungsaufgaben besonders geeigneten Parameter Gleichstrommikromotoren mit Hohlläuferwicklung zum Einsatz. Die Hauptvorteile dieser Motorenausführung sind:

- Gutes dynamisches Verhalten durch kleine elektromechanische und sehr geringe elektrische Zeitkonstanten
- hoher Wirkungsgrad
- lineare Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie
- geringe Pulsation des Drehmoments
- sichere Funktion und hohe Zuverlässigkeit.

Mit der Typenreihe GMM des VEB Kombinat Elektromaschinenbau Dresden [1] [2] steht eine geschlossene Gleichstrommikromotorenreihe für den Drehmomentbereich bis etwa 2,5 Ncm zur Verfügung, die sich bereits in einer Vielzahl von Anwendungsfällen bestens bewährt hat. Mit den folgenden Ausführungen werden dem Anwender für den Einsatz der Typenreihe GMM wesentliche Daten bereitgestellt, und es wird auf Besonderheiten bei der Dimensionierung und Auslegung hingewiesen.

1. Technische Charakteristik der Reihe GMM

Die Reihe GMM besteht aus 5 Baugrößen mit Gehäusedurchmesser von 12 bis 32 mm. Sie wird in jeder Baugröße für verschiedene Nennspannungen ausgeführt. Bei den Baugrößen 26 und 32 sind Ausführungen mit Edelmetallbürste oder mit Graphitbürste möglich. Die Motoren ab Baugröße 16 sind auch mit einem Impulsgeber zur Drehzahl- oder Drehwinkelerfassung komplettierbar [3] [4].
Die technischen Hauptkennwerte der Reihe GMM sind als baugrößenbezogene Mittelwerte in Tafel 1 aufgeführt. Sie gelten praktisch für alle ausführbaren Wicklungsvarianten der jeweiligen Baugrößen.
Es sind dabei folgende Definitionen für wicklungsunabhängige Parameter getroffen worden:

$$K_{\mathrm{M\,rel}} = \frac{K_{\mathrm{M}}\, U_{\mathrm{N}}}{M_{\mathrm{N}}\, n_{\mathrm{o}}}, \tag{1}$$

$$K_{\mathrm{E\,rel}} = \frac{K_{\mathrm{E}}\, n_{\mathrm{o}}}{U_{\mathrm{N}}}, \tag{2}$$

$$P_{\mathrm{Imp}} = I_{\mathrm{Imp}}\, U_{\mathrm{N}}. \tag{3}$$

$K_{\mathrm{M\,rel}}$ relative Drehmomentkonstante
$K_{\mathrm{E\,rel}}$ relative Spannungskonstante
K_{M} Drehmomentkonstante (Strom/Drehmoment)
K_{E} Spannungskonstante (EMK/Drehzahl)
U_{N} Nennspannung der Wicklungsausführung
n_{o} Leerlaufdrehzahl der Wicklungsausführung
I_{Imp} maximal zulässiger Impulsstrom.

Gleichstrommikromotoren mit Hohlläufer haben eine praktisch lineare Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie. Das nutzbare Kennlinienfeld bei Berücksichtigung verschiedener Betriebsarten und der mechanischen, thermischen und elektromagnetischen Grenzbedingungen für die Motoren ist im Bild 1 dargestellt.
Die obere Betriebsdrehzahl wird durch die konstruktiv bedingte kurzzeitig zulässige Höchstdrehzahl n_{max} begrenzt.
Das maximal abgebbare Drehmoment M_{max} im stationären Betrieb wird durch die Grenze der oberen zulässigen Temperatur der Hohlläuferwicklung limitiert. Um eine Entmagnetisierung des Dauermagnetkreises zu vermeiden, ist ein Betrieb nur bis maximal der doppelten Nennspannung bzw. mit dem maximal zulässigen Impulsstrom zugelassen.

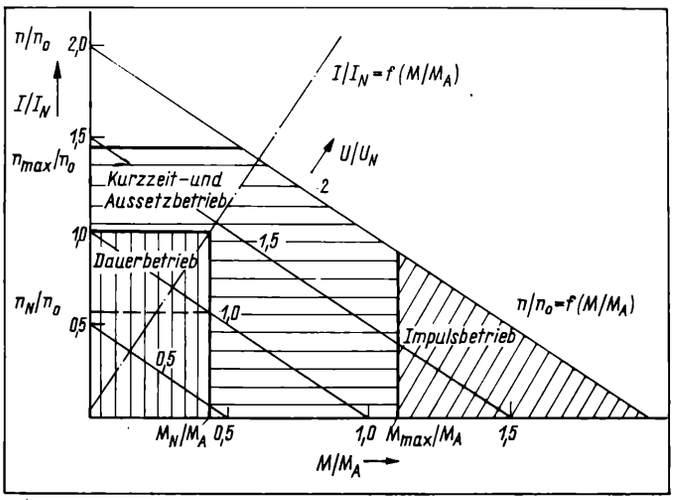


Bild 1. Ausnutzbares Drehzahl-Drehmoment-Kennlinienfeld

2. Besonderheiten bei der Dimensionierung und dem Einsatz

Eine ausführliche Darstellung des Betriebsverhaltens der Gleichstrommikromotoren mit Hohlläufer, der technischen Daten der Reihe GMM und Hinweise zur Projektierung und Dimensionierung sind in der Projektierungsrichtlinie [5] enthalten.

2.1. Auswahl der Baugröße und der Wicklungsausführung

Die erforderliche Baugröße wird in erster Linie vom zeitlichen Verlauf des Widerstandsmomentes der anzutreibenden Einheit bestimmt. Bei der Auswahl der Baugröße und der Wicklungsausführung sind folgende Bedingungen zu beachten:

- Nutzung des zugelassenen Kennlinienbereiches entsprechend Bild 1. Für die thermische Auslegung sind in [5] entsprechende Dimensionierungsvorschriften enthalten.
- Das stationäre Widerstandsmoment darf maximal 80 % des Anzugsmomentes betragen.
- Für Batteriebetrieb ist der verbrauchsbestimmende Arbeitspunkt möglichst nahe in den Bereich des maximalen Motorwirkungsgrades zu legen. Für die Dimensionierung gilt

$$M_{\eta\,\mathrm{max}} \approx \sqrt{M_{\mathrm{A}} \cdot M_{\mathrm{R}}}. \tag{4}$$

$M_{\eta\,\mathrm{max}}$ Moment bei maximalem Motorwirkungsgrad
M_{R} inneres Motorreibungsmoment.

- Bei Verwendung eines Getriebes sollte der Arbeitspunkt im Bereich der maximalen Leistungsabgabe des Motors, bei etwa dem halben Anzugsmoment, liegen.

Tafel 1. Technische Hauptkennwerte der Reihe GMM (Baugrößentypische Werte)

Hauptkennwert			Reihe GMM Baugröße				
			12	16	22	26	32
Gehäusedurchmesser	d_{3o}	mm	12	16	22	26	32
Motorlänge ohne Impulsgeber	l_{3s}	mm	22,5	29,5	38	46	56
Motorlänge mit Impulsgeber	l_{3s}	mm	—	43	48	55	65
Durchmesser Wellenende	d_1	mm	1	1	2	2,5	3
Läuferträgheitsmoment	J_{M}	gcm²	0,15	0,65	3,7	8,5	27
Nennspannung	U_{N}	V	3 bis 6	3 bis 12	3 bis 12	6 bis 24	6 bis 24
Nenndrehmoment	M_{N}	Ncm	0,035	0,15	0,50	1,0	2,0
Anzugsmoment	M_{A}	Ncm	0,05	0,37	1,3	2,2	6,2
Maximalmoment	M_{max}	Ncm			2,6 M_{N}		
Leerlaufdrehzahl	n_{o}	U/min	14000	12000	8200	6500	4400
Höchstdrehzahl	n_{max}	U/min	20000	17000	12000	10000	6000
Max. Wirkungsgrad	η_{max}	%	60	74	76	76	79
Rel. Drehmomentkonstante	$K_{\mathrm{M\,rel}}$		7,5	6,9	6,5	6,5	6,7
Rel. Spannungskonstante	$K_{\mathrm{E\,rel}}$		0,93	0,93	0,98	0,95	0,95
Max. abgebbare Leistung	P_{max}	W	0,18	1,3	3,0	4,2	6,5
Max. Impulsleistung	P_{imp}	W	2	11	26	35	55

Dipl.-Ing. *Wolfgang Weller* ist Bereichsleiter im VEB Elektromotorenwerk Hartha.

— Besonders bei der kleinen Baugrößen ist der Einfluß der am Wellenende wirkenden Kräfte auf die Lagerreibung der Gleitlager nicht mehr zu vernachlässigen.
— Zur Erzielung einer hohen Zuverlässigkeit sind die die Laufzeit der Motoren beeinflussenden Größen Verschleiß des Stromübertragungssystems und Standzeit der Gleitlagerung zu beachten, d.h., die wirkenden Einflußgrößen Strombelastung, Drehzahl und Kräfte am Wellenende sind entsprechend des Einsatzfalls durch Wahl der Baugröße und der Wicklungsausführung zu optimieren.
Bei hohen Forderungen an die Laufzeit kann eine Überdimensionierung erforderlich werden.

2.2. Wahl der Bürstenausführung

Der Einsatz von Edelmetallbürsten ist dort notwendig, wo die Linearität der Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie, deren zeitliche Konstanz und niedrige Anlaufspannungen, als Kriterien gelten.
Auch für Einsatzfälle, bei denen der Drehzahlistwert aus der EMK gewonnen wird, sind Edelmetallbürsten notwendig. Für besonders hohe Forderungen an die Drehzahlkonstanz bei Regelung über die Auswertung der EMK kann eine spezielle Ausführungsform des Stromübertragungssystems erforderlich werden.
Der Vorteil von Graphitbürsten [6] ist die wesentlich höhere Standzeit gegenüber Edelmetallbürsten bei höherer möglicher Strombelastung. Die Nichtlinearität und die zusätzlichen Verluste des Kontaktsystems können allerdings stochastische Parameterschwankungen hervorrufen und haben insbesondere im Anlaufbereich Nichtlinearitäten der Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie zur Folge. Diese Nachteile können aber durch einen entsprechenden regelungstechnischen Aufbau ausgeglichen werden (z.B. gesonderte Drehzahlistwerterfassung durch Impulsgeber).

2.3. Einbau, Anwendung

Die Reihe GMM ist für eine Schraubbefestigung am Flansch vorgesehen. Möglich ist auch die Aufnahme am Gehäuse. Für eine gute Ableitung der Verlustwärme der Motoren sollte durch Anflanschen an Metallteile und nach Möglichkeit durch zusätzliche Belüftung gesorgt werden.
Obwohl die Geräusch- und Funkstörpegel der Motoren bereits durch Konstruktion und Motorprinzip ein niedriges Niveau aufweisen, sind mitunter körperschallisolierter Einbau und die Verwendung von Funkenstörmitteln unumgänglich. Es wird darauf hingewiesen, daß sowohl die Geräusch- als auch die Funkstörabstrahlung im wesentlichen vom Bereich der Motoranschlüsse (N-Seite des Motors) ausgehen und deshalb die Anordnung diesbezüglich sensibler Bauelemente möglichst nicht in diesem Bereich erfolgen sollte.
Mit den oben angeführten technischen Parametern sind die Gleichstrommikromotoren der Reihe GMM hervorragend geeignet für den Einsatz — insbesondere als Stellglied — in Regelkreisen. Die Anwendungsbreite erstreckt sich von einfachen Stellantrieben z.B. der Konsumgüterbranche bis hin zur Anwendung in hochpräzisen lagegeregelten Antrieben (z.B. für Positioniervorgänge).
Bei nicht zu hohen Anforderungen an die Welligkeit der Ausgangsspannung ist auch der Einsatz als Tachometergenerator denkbar.

3. Zusammenfassung

Die Gleichstrommikromotoren der Reihe GMM sind im unteren Leistungsbereich aufgrund ihrer technischen Parameter und des verfügbaren Typensortiments ein wichtiges Antriebselement zur Realisierung anspruchsvoller Antriebe für alle Bereiche der Wirtschaft.
Mit den vorliegenden Ausführungen werden dem Anwender erste Hinweise für die Auswahl der Motoren zur Gestaltung optimaler Antriebe und Finalprodukte gegeben.

Literatur

[1] *Buchar, W.; Berger, Th.:* Gleichstrommikromotoren für höchste Ansprüche. Elektromaschinenbau der DDR — Technische Mitteilungen 3 (1982) 2, S. 8—11
[2] TGL 38516 Rotierende elektrische Maschinen; Gleichstrommikromotoren, permanenterregt mit Hohlläufer, Reihe GMM. Ausg. August 1984
[3] *Mühle, B.:* Optoelektronischer Impulsgeber zur Drehzahl- und Drehrichtungserfassung. Elektromaschinenbau der DDR — Technische Mitteilungen 2 (1981) 2, S. 18
[4] TGL 39242 Rotierende elektrische Maschinen; Optoelektronischer Impulsgeber. Ausg. Juni 1985
[5] Projektierungsrichtlinie Gleichstrommikromotoren, Reihe GMM, Hohlläufer 0,035 bis 2,0 Ncm. VEB Kombinat Elektromaschinenbau Dresden
[6] *Berger, Th.:* Kohlebürsten für Gleichstrommikromotoren mit Hohlläufer. ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 4, S. 147—148

EA 5917

Komplette Gleichstrom-Stellmotoren — dynamische Energiewandler der Automatisierungstechnik

K. Fichtner, KDT, Dresden

Nicht mehr wegzudenken aus der modernen Industriegesellschaft ist der Servoantrieb. Automatisiert werden alle nur denkbaren Bereiche, die sich der Mensch erschließt und weiterentwickelt. Ganz gleich, wie man ihn bezeichnet, Servo-, Hilfs-, Vorschub- oder Stellantrieb: ohne ihn bewegt sich nichts. Ausgegangen ist diese Entwicklung von der Werkzeugmaschinenindustrie, erfuhr eine erweiterte Anwendung bei Robotern und wird ständig beflügelt vom Streben nach Hochtechnologien und der unabsehbaren Innovation der Mikroelektronik. Der Servoantrieb von heute gleicht schon nicht mehr dem von gestern. Und die Umgestaltung der gesamten Steuer- und Regelprozesse hält weiter an, führt zur Integration mit der Rechentechnik. Trotz einsetzender Konjunktur der Drehstrom-Antriebstechnik behauptet sich daneben der Gleichstrom-Servoantrieb. In Verbindung mit Thyristorumkehrstromrichtern oder modernen Transistorpulsstellern bietet er ökonomische, einfach drehzahlstellbare und dynamische Antriebslösungen.

1. Kennzeichen der Gleichstrom-Stellmotoren

Die Eigenschaften der Stellmotoren sind gleichzeitig an sie zu stellende Forderungen, die sich in fünf Komplexe ordnen lassen.

1.1. Großer Stellbereich

Eine in weiten Grenzen variable Drehzahl ist selbstverständliche Voraussetzung und hat gerade den Gleichstrommotor wegen seiner einfachen Stellbarkeit über die Ankerspannung zur breiten Anwendung geführt.
Der Stellbereich Maximaldrehzahl zu Minimaldrehzahl wird wesentlich von der „Schleichdrehzahl" beeinflußt, bei der ein Antrieb noch „rund" läuft. Begünstigt wird das durch hohe Regelkreisgüte. Die zulässige Maximaldrehzahl richtet sich nach den Erfordernissen der Praxis und den technischen Möglichkeiten. Gute Servobaureihen enthalten neben großen „Hochmomentmotoren" mit geringeren Maximaldrehzahlen auch kleine „Hochdrehzahlmotoren", damit für unterschiedlichste Anwendungsfälle bezüglich Getriebeübersetzung, Motorabmessung und Dynamik optimiert werden kann.

1.2. Hohe Dynamik

Die von Servoantrieben primär erwartete große Winkelbeschleunigung im Vierquadrantenbetrieb erfordert große Beschleunigungsmomente und kleine bzw. an den Lastfall angepaßte Motorträgheitsmomente. Das mögliche Beschleunigungsmoment wird bei stärkerem Bürstenfeuer durch die drehzahlabhängige Kommutierungsgrenzkurve vorgegeben. Die Kommutierung ist nun mal eine Spezifik des Gleichstrommotors, mit der die drehzahlabhängige Strombegrenzung des Stellers fertig werden muß. Im Bestreben nach hoch liegenden Kommutierungsgrenzkurven wird neben gezielter Motordimensionierung oft eine relativ niedrige Spannung gewählt.
Neben Scheibenläufermotoren setzten sich im Bereich von etwa 0,35 bis 170 Nm gegenüber nutenlosen und Hohlläufermotoren die geblechten und genuteten Servomotoren durch. Sie zeichnen sich durch geringe Abmessungen, kleine Masse, thermische Robustheit und Anpassungsfähigkeit an die praktisch erforderliche Dynamik und Regelbarkeit aus. Kleine Trägheitsmomente werden mit großen Längen/Durchmesser-Verhältnissen erzielt.
Aber auch die kürzeren Typen innerhalb einer Baureihe sind vorteilhaft, weil Verlustwärmeabfuhr und Kommutierung günstiger werden. Für die meisten Anwendungsfälle mit üblichen Lastträgheitsmomenten wird dieser „Kurzläufermotor" deshalb zum Konkurrenten des Scheibenläufermotors.

Dipl.-Ing. *Klaus Fichtner* ist Mitarbeiter im VEB NILES-Stellantriebe Dresden.

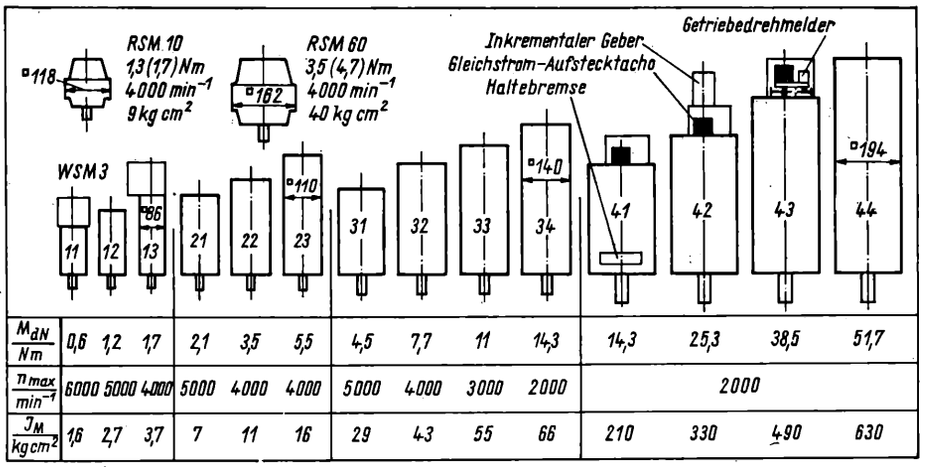
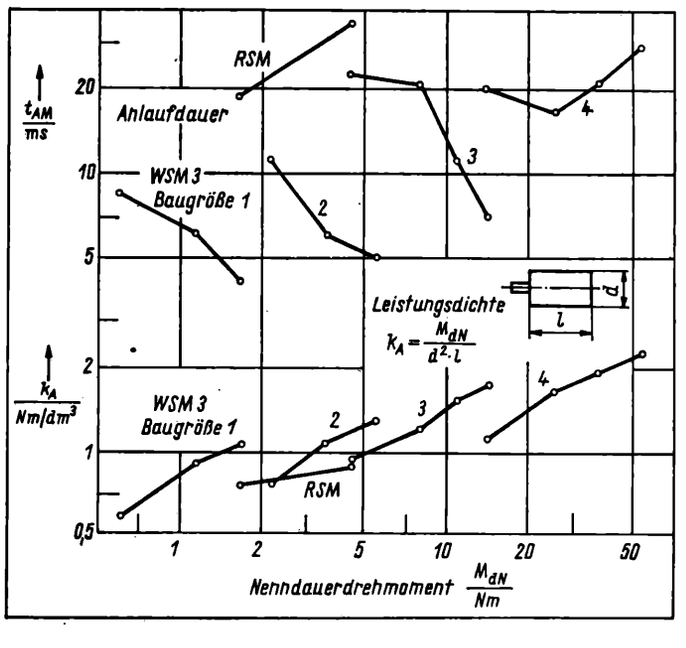


Bild 1. NILES-Servobaukasten WSM 3/RSM
M_{dN} Nenndauerdrehmoment; n_{max} Maximaldrehzahl; J_M Motorträgheitsmoment

Bild 2. Leistungsdichte „Dauerdrehmoment pro Motorvolumen" und Dynamik „Anlaufdauer" des Servobaukastens WSM 3/RSM



1.3. Große Leistungsdichte

Das Streben nach immer besserer Materialausnutzung und anwenderfreundlicher Verkleinerung der Erzeugnisse ist wohl ein typisches Erscheinungsbild der Innovation, wenn das nicht von gegenläufigen Aspekten durchkreuzt wird.

Die Leistungsdichte von Stellmotoren, als Quotient aus Dauerdrehmoment und Motorvolumen bzw. Masse, wird hauptsächlich vom Dauermagnetwerkstoff und der thermischen Auslastung der Isolierstoffe beeinflußt.

Vorrangig werden Hartferrit-Magnete angewendet; sie sind preiswert, erfordern jedoch eine „Flußkonzentration" mit großer Magnetfläche. Die AlNiCo-Magnete wurden zunehmend verdrängt, weil sie Kobalt benötigen und magnetisch instabiler sind. Seltenerd/Kobalt- und Neodym/Eisen-Magnete haben wesentlich höhere Energiedichten, aber auch dementsprechende Preise. Effektvoll ist ihre Anordnung im Läufer; aus dem Ständer ist Verlustwärme leichter abführbar. Diese Konzeption ist die Grundlage hochwertiger Stromrichtermotoren.

International ist es üblich, im katalogisierten Dauerbetrieb die genormten Grenztemperaturen der Wärmebeständigkeitsklassen um etwa 20 bis 30 K zu überschreiten. Damit erhöht sich die Leistungsdichte und dem Anwender wird ein Projektierungsschub geboten, der mithilft, Reserven abzubauen. Der Motorenhersteller sichert eine „Temperatur-Zeitgrenze" für seine Bauteile, die aus verschiedenen Wärmebeständigkeitsklassen kommen können.

1.4. Stabilie Zuverlässigkeit

Trotz Kommutierungsapparat ist durch jahrelange Erzeugnispflege auch der Gleichstrom-Servomotor zuverlässig geworden, gekennzeichnet durch den mittleren Ausfallabstand Θ' (MTBF). Solidität der elektromagnetischen und thermischen Auslegung sowie Qualität der Verschleißteile, Lager- und Kommutierungseinrichtung mit geringem Bürstenantrieb sind hier bestimmend.

1.5. Paßfähige Varianten und solide Grundausführung

Dauermagneterregung, geschlossene Bauart, Flanschbauform, Selbstkühlung, angepaßte Einsatzklasse, geringe Schwingungs- und Geräuschbildung, ausreichende Stoß- und Schwingungsfestigkeit sowie Varianten der Spannung, des Kühlsystems und der Anbaubedingungen sind typische Kennzeichen von Servomotoren. Notwendige Voraussetzung für den Gesamtantrieb ist ein hochwertiges Komplettierungssystem:

- — Integrierter Aufstecktachogenerator als Meßsystem für die gegenwärtig noch weit verbreiteten analogen Drehzahlregelkreise
- — Wegmeßsystem mit bürstenlosem Getriebedrehmelder (Resolver) oder inkrementalem Geber
- — integrierte Haltebremse
- — thermische Überwachung.

2. Der WMW-NILES-Servobaukasten WSM 3/RSM

Der VEB NILES-Stellantriebe Dresden ist in der DDR Hersteller von Gleichstrom-Servomotoren im Dauerdrehmomentbereich 0,6 bis 51,7 Nm.

Große „Hochmomentmotoren", kleine „Hochdrehzahlmotoren" und „Kurzläufermotoren" ergänzen sich nach Bild 1 zu einem variablen Servobaukasten.

Hohe Gebrauchswerte für den Anwender, wie Dynamik und Leistungsdichte, zeichnen ihn ebenso aus, wie gute Materialausnutzung und moderne automatisierte Fertigung. Die computergesteuerte Produktion mit verketteten Bearbeitungszentren und leitdrahtgeführten Transportrobotern sichert Flexibilität und Qualität.

Leistungsdichte und Dynamik des Erzeugnissystems sind im Bild 2 über dem Dauerdrehmoment dargestellt. Die aufgezeichnete Anlaufdauer t_{AM} des Motors ist die theoretische Hochlaufzeit von Drehzahl „Null" bis zur halben Maximaldrehzahl $n_e = n_{max}/2$ bei einem Trägheitsfaktor $FI = 1$ und bei vollständiger Ausnutzung der dynamischen Kommutierungsgrenzkurve

$$t_{AM} = 2\pi \cdot J_M \cdot FI \int_0^{n_e} \frac{dn}{M(n)} = 2\pi \frac{J_M \cdot FI \cdot n_e}{M_b}, \quad (1)$$

$$FI = \frac{J_M + J_L}{I_M}. \quad (2)$$

M_b Beschleunigungsmoment (das Last-Widerstandsmoment ist dabei vernachlässigt)

$J_{M,L}$ Trägheitmoment Motor, Last.

Die Anlaufdauer des Gesamtantriebes t_A ergibt sich bei Berücksichtigung von Lastträgheitsmoment, Stromwelligkeit, Totzeit, tatsächlichem Stromverlauf und Widerstandsmoment.

Die Erzeugnisse sind in Bauform IM 3682 für beliebige Gebrauchslage und Schutzgrad IP54 bzw. IP44 für RSM ausgeführt und werden von Hartferritmagneten M 862 bei RSM und M 881 bei WSM 3 in dichtgepackter 4poliger Anordnung erregt. Für den Gesamtantrieb, der stets dynamisch und thermisch zu optimieren ist, wird als Komplettierungssystem geboten:

- — Integrierte Gleichstrom-Aufstecktachogeneratoren Typ AT 1 mit 2,5 V je 1000 min^{-1} für RSM und Typ AT 11 mit 10 V je 1000 min^{-1} vorzugsweise für WSM 3. Diese temperaturstabilisierten Tachometer erzeugen eine lineare Gleichspannung geringer Welligkeit und sitzen direkt auf der Motorwelle.

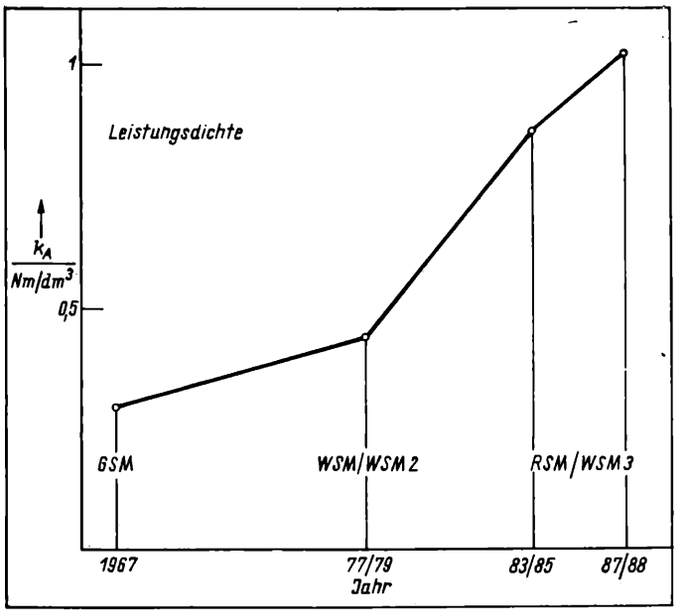


Bild 3. Entwicklung der Leistungsdichte „Dauerdrehmoment je Volumen" über 3 Generationen von Gleichstrom-Stellmotoren in der DDR
Motoren mit einem Dauerdrehmoment von etwa 4 Nm, bezogen auf Schutzgrad „Geschlossen" und vergleichbare thermische Auslastung

— Integrierter, platzsparend parallel zum Aufstecktachometer angeordneter bürstenloser Getriebedrehmelder Typ TS3C2 bei WSM 3 oder Anbaumöglichkeit für IGR aller vom VEB Carl Zeiss JENA hergestellten Varianten.
— Integrierte spielfreie Haltebremse auf der Motor-Abtriebsseite (D-Seite) Typ 2BEFM des VEB Elektromotorenwerk Dessau mit Haftmomenten von 1,8 Nm für WSM 3-1 und RSM 10, 6 Nm für WSM 3-2 und RSM 60, 15 Nm für WSM 3-3 und 40 Nm für WSM 3-4.
— Eingebauter Thermistor für den Motorschutz.

Als angepaßte Steller stehen für den Gesamtantrieb die zwei- bzw. sechspulsigen Thyristor-Umkehrstromrichter TDR 100 und TDR 700 des VEB Numerik „Karl Marx" zur Verfügung. Moderne Transistor-Pulssteller TPS 700 befinden sich in Entwicklung.

3. Tradition und Entwicklungsfortschritt in der DDR

Entwicklung und Produktion von Gleichstrom-Servomotoren haben in der DDR eine etwa 20jährige Tradition.
Mit der Fertigung der ersten Generation, der Reihe GSM im Dauerdrehmomentbereich 0,75 bis 7 Nm, wurde beim Elektromaschinenbau 1967 begonnen. Diese vierpoligen, AlNiCo-erregten und durchzugsbelüfteten Motoren mit Anbautachometer wurden anfangs noch mit Maschinenverstärkern vom Typ „Amplidyne" betrieben. 1977 wurden sie von der 2. Generation, der Reihe WSM (werkzeugmaschinenspezifischer Stellmotor) abgelöst, die bereits 2 Jahre später als WSM/WSM 2 für den Schutzgrad IP 44/54 weiterentwickelt worden ist. Sie umfaßt einen Dauerdrehmomentbereich von 1,7 bis 51,7 Nm, zeichnet sich heute noch durch sehr gute Dynamik aus, ist AlNiCo-erregt, bis 3,5 Nm 4polig, bei größeren Typen 6- bzw. 8polig und hier mit einer magnetisch stabilisierenden Hilfs-Reihenschlußwicklung versehen. Zum Komplettierungssystem gehören N-seitig anbaubare Haltebremsen ab 14,3 N, integrierter Aufstecktachometer Typ AT 2, Anbaudrehmelder und Anbaumöglichkeit für IGR. Hersteller waren der VEB Elektromotorenwerk Hartha und der VEB Elbtalwerk Heidenau. Heute noch bis 3,5 Nm in Hartha und ab 7,7 Nm als Reihe WSM 2 im jetzigen VEB NILES-Stellantriebe Dresden produziert, werden ihre Stückzahlen im gleichen Maß zurückgehen, wie das Produktionsvolumen der Reihe WSM 3 als 3. Generation zunimmt.
Entsprechend der Forderung der Roboterindustrie gingen 1983/84 die roboterspezifischen Kurzläufermotoren RSM zunächst beim VEB Elektromotorenwerk Dresden-Nord und 1985 beim jetzigen VEB NILES-Stellantriebe Dresden in die Produktion. Wegen ihrer kurzgedrungenen Ausführung — eine spezielle Forderung für Gelenkroboter — haben sie zwar größere Trägheitsmomente als Scheibenläufermotoren, machen das aber für praktisch reale Lastträgheitsmomente mit ihrer hohen Überlastbarkeit und thermischen Robustheit wett. Die Reihe RSM, inzwischen in größerer Stückzahl gefertigt, hat sich in der Praxis hervorragend bewährt.

Der vorläufige Abschluß der Entwicklung von Gleichstrom-Servomotoren wird mit der Reihe WSM 3 erreicht, die zusammen mit der Reihe RSM den bereits beschriebenen Servobaukasten des VEB Werkzeugmaschinenkombinat „7. Oktober" Berlin/VEB NILES-Stellantriebe Dresden bildet. Der in kooperativer Zusammenarbeit erreichte Entwicklungsfortschritt bei Gleichstrom-Servomotoren der DDR ist aus Bild 3 ablesbar.

Literatur

[1] *Thomas, M.; Fichtner, K.:* Gleichstrom-Servomotoren — unentbehrlich für die Automatisierungstechnik. Elektromaschinenbau der DDR — Technische Mitteilungen 6 (1985) 1, S. 4–8 und elektro-anzeiger, Essen 38 (1985) 5, S. 24–28
[2] *Fichtner, K.:* Gleichstrom-Stellmotoren für die Insdustrieautomatisierung. Konstruktion, Elemente, Methoden. Stuttgart (1984) Sonderausgabe 3, S. 64–69
[3] *Fichtner, K.:* Gleichstrom-Servomotoren der 3. Generation. Elektromaschinenbau der DDR — Technische Mitteilungen 6 (1985) 2, S. 6–11 und elektro-anzeiger, Essen 38 (1985) Sonderausgabe 21, S. 50–57

EA 5918

Optoelektronischer Impulsgeber – eine universelle Baueinheit zur Drehzahl-, Drehwinkel- und Drehrichtungserfassung

B. Mühle, KDT, Dresden

Mit der Entwicklung neuer Gerätegenerationen ist der verstärkte Einsatz von drehzahl- und lagegeregelten Antriebssystemen verbunden. In solchen Systemen muß das Istwerterfassungsglied die mechanischen Größen Drehzahl, Drehwinkel bzw. Drehrichtung in elektrische Signale umformen. Die Lösung dieser Aufgabe übernehmen die vom VEB Kombinat Elektromaschinenbau bereitgestellten Impulsgeber.
Die hochwertigen Parameter dieser Impulsgeber, besonders die kleinen Abmessungen, das niedrige Trägheitsmoment und die hohe Auflösung (Impulszahl/Umdrehung) ermöglichen die Zusammenarbeit mit Kleinmaschinen und den Einsatz in miniaturisierten Gerätesystemen.

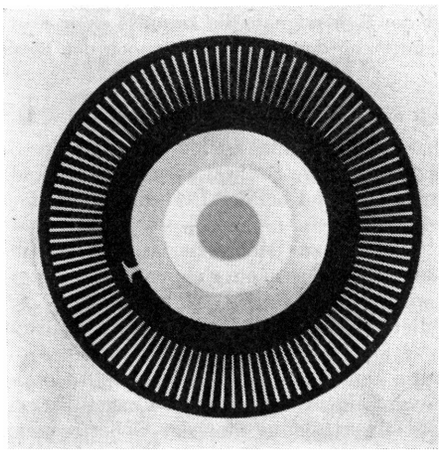
1. Aufbau und Wirkungsweise

Die Impulsgeber arbeiten nach dem optoelektrischen Prinzip und enthalten einen Lichtsender sowie einen Lichtempfänger. Als Sender werden Infrarotemitterdioden und als Empfänger Fototransistoren eingesetzt. Zwischen beiden läuft eine Abtastscheibe, die eine Rasterung aus Hell-Dunkel-Zonen hat (Bild 1).
In Verbindung mit einem feststehenden Gegengitter wird der auf den Fototransistor fallende Lichtstrom periodisch unterbrochen. Das Funktionsprinzip dieser Anordnung ist im Bild 2 gezeigt. Die Winkelgeschwindigkeit der Welle wird dadurch in eine Folge von elektrischen Impulsen umgewandelt, deren Frequenz der Drehzahl und deren Anzahl dem Drehwinkel proportional sind. Je Umdrehung der Welle werden 100 Impulse abgegeben.
Die Impulsgeber sind entweder mit einem Abtastsystem zur Drehzahl- und Drehwinkelerfassung oder mit zwei um 90° elektrisch versetzt angeordneten Systemen zur gleichzeitigen Drehrichtungserfassung ausgerüstet. Das Schaltbild eines Gebers mit 2 Abtastsystemen ist im Bild 3 dargestellt.

2. Ausführungsvarianten

Die Impulsgeber sind an eisenlose Gleichstrom-Mikromotoren der Typenreihe GMM angebaut (Bild 4) oder als separate Baueinheit (Bild 5) ausgeführt.
Durch den direkten Anbau der Impulsgeber an die Gleichstrom-Mikromotoren entfallen Kopplungsprobleme, Resonanzerscheinungen treten nicht auf und das Trägheitsmoment wird nur unwesentlich erhöht.

Dr.-Ing. *Bernd Mühle* ist Gruppenleiter im VEB Kombinat Elektromaschinenbau Dresden, Direktionsbereich Forschung und Entwicklung.



◀ **Bild 1.** Abtastscheibe

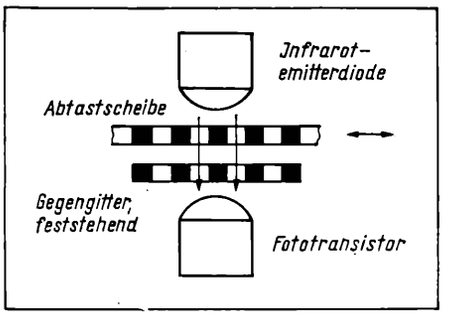


Bild 2. Funktionsprinzip des Impulsgebers

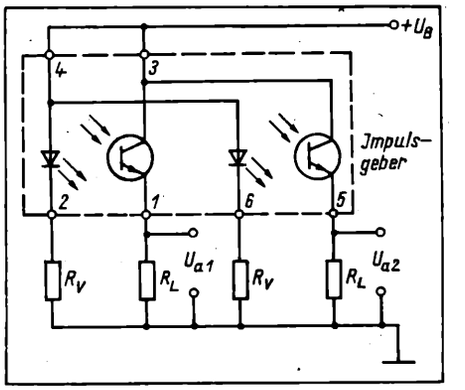


Bild 3. Schaltbild Impulsgeber IG 2 und IG 4

Bild 4. Impulsgeber angebaut an Gleichstrom-Mikromotor

Die Impulsgeber für Fremdantrieb können mit beliebigen Systemen zusammenarbeiten und sind mit einer eigenen Antriebswelle von 3 mm Durchmesser ausgerüstet.

Ausführungsvarianten

Impulsgeber	Typ
— angebaut an eisenlose Gleichstrom-Mikromotoren der Typenreihe GMM	
• mit 1 Abtastsystem	IG 1
• mit 2 Abtastsystemen	IG 2
— für Fremdantrieb	
• mit 1 Abtastsystem	IG 3
• mit 2 Abtastsystemen	IG 4

3. Technische Daten

Die Impulsgeber zeichnen sich aus durch:

— geringe Abmessungen
— hohe Auflösung
— geringe Signalfehler
— hohes Ausgangssignalverhältnis.

Trotz der geringen Abmessungen (Durchmesser 22 mm, Länge der Gebergrundeinheit 11 mm) konnte durch den Einsatz von miniaturisierten Bauelementen und durch eine hohe Präzision in der Fertigung eine Auflösung von 100 Impulsen/Umdrehung erreicht werden. Diese Auflösung ermöglicht es, auch die Regelung von Antrieben mit relativ niedriger Betriebsdrehzahl bei guter Dynamik durchzuführen. Die geringen Abmessungen ermöglichen materialsparende konstruktive Lösungen und eine progressive Miniaturisierung der Geräte.

Wesentliche Hauptparameter der Impulsgeber sind in Tafel 1 enthalten.

4. Impulsformung des Ausgangssignals

Der vom Fototransistor als Ausgangssignal gelieferte Strom hat einen sinusähnlichen Verlauf. Zur Impulsformung muß deshalb eine Triggerstufe nachgeschaltet werden. Die Schaltung ist so zu gestalten, daß der am Fototransistor auftretende Spannungshub 1,5 V

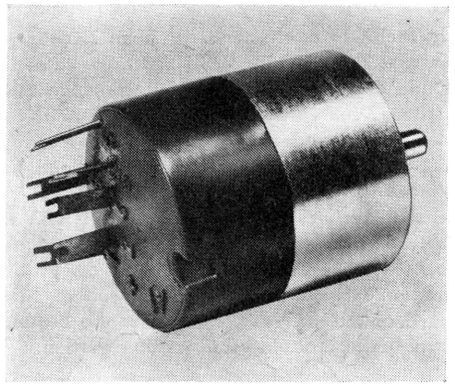


Bild 5. Impulsgeber für Fremdantrieb

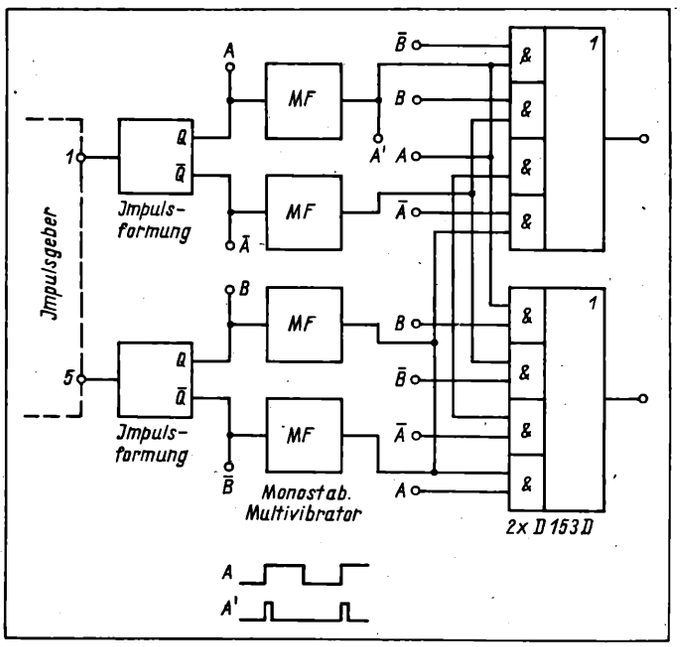


Bild 7. Impulsvervierfachung und Drehrichtungserfassung

Bild 6. Impulsformung

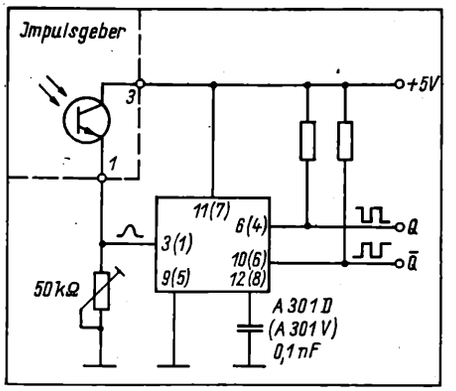
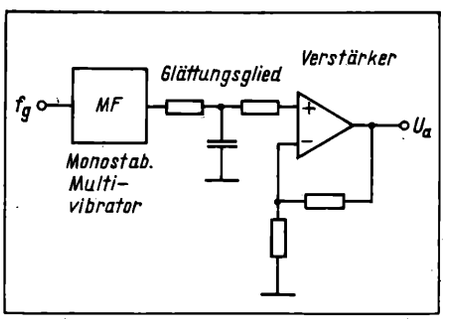


Bild 8. Frequenz-Spannungs-Wandler



Tafel 1. Hauptkennwerte der optoelektronischen Impulsgeber

Kennwert	Einheit	Impulsgeber mit 1 Abtastsystem	Impulsgeber mit 2 Abtastsystemen
Max. Betriebsstrom der Infrarotmitterdiode	mA	40	2 × 40
Anzahl der Impulse je Umdrehung		100	2 × 100
Signalverhältnis des Ausgangsstroms $I_{c\,max}/I_{c\,min}$		≧ 10	≧ 10
Amplitude des Ausgangsstroms	µA	≧ 120	2 × ≧ 120
Signalfehler (typ.)	grd.	± 0,4	± 0,4
Phasenverschiebung der beiden Ausgangssignale		–	$\frac{\pi}{2} \pm \frac{\pi}{4}$
Impulsgrenzfrequenz ($R_L = 1\,k\Omega$)	kHz	≧ 20	≧ 20
Durchmesser des Gebers	mm	22	22
Länge der Gebergrundeinheit	mm	11	11

nicht überschreitet, da sonst die Grenzfrequenz des Impulsgebers verringert wird. Vorteilhaft ist es, die Basis-Emitter-Strecke eines Transistors an den Fototransistor anzuschließen, um diese als Begrenzerdiode wirken zu lassen. Eine Ausführungsvariante mit dem Schaltkreis A 301 D als Impulsformer ist im Bild 6 dargestellt.

5. Einsatzbeispiele für die Impulsgeber

Die optoelektronischen Impulsgeber der Typen IG 1 bis IG 4 sind universell zur Drehzahl-, Drehrichtungs- und Drehwinkelerfassung einsetzbar. Gegenüber herkömmlichen Gleichstrom-Tachometergeneratoren ergeben sich folgende Vorteile:

— keine mechanischen Verschleißteile
— kleinere Abmessungen
— Ausgabe digitaler Signale, nach Umformung auch analoge Weiterverarbeitung möglich
— zusätzliche Erfassung des Drehwinkels.

Einige Einsatzbeispiele sollen im folgenden die Vorteile des Impulsgebers kennzeichnen.

5.1. Erfassung des Drehwinkels

Die exakte Erfassung des Drehwinkels und dessen Umformung in ein elektrisches Signal ist bei Positionieraufgaben von Bedeutung. Die elektronische Impulszählung wird heute mit hoher Störsicherheit beherrscht, so daß der Impulsgeber vorteilhaft als inkrementaler Lagegeber in Positionsierantrieben eingesetzt werden kann.
Der Drehwinkel läßt sich durch Zählen der abgegebenen Impulse ermitteln. Mit der vorgegebenen Auflösung von 100 Impulsen/Umdrehung ergibt sich je Impuls ein Drehwinkel von 3,6°. Die Auflösung kann bei den Impulsgebern der Typen IG 2 und IG 4 durch eine Impulsvervierfachung verbessert werden, indem die Flanken der Ausgangsimpulse entsprechend Bild 7 zu Nadelimpulsen geformt und summiert werden. Am Ausgang der Zusatzschaltung erhält man eine Auflösung von 400 Impulsen/Umdrehung, so daß der Drehwinkel der Welle je Impuls 0,9° beträgt. Mit dieser Auflösung kann ein großer Teil der Positionieraufgaben mit der entsprechenden Genauigkeit gelöst werden.

5.2. Drehrichtungsauswertung

Mit nur einer Abtasteinheit im Impulsgeber ist es nicht möglich, eine Richtungsinformation zu gewinnen. Hierzu ist eine zweite um 90° elektrisch versetzt angeordnete Abtaststufe erforderlich, mit der die Impulsgeber der Typen IG 2 und IG 4 ausgeführt sind. Eine mögliche Schaltung zur Drehrichtungsauswertung ist im Bild 7 dargestellt.

5.3. Digitale Drehzahlerfassung mit hoher Dynamik

Die digitale Drehzahlerfassung kann sowohl über eine Messung der Frequenz als auch der Periodendauer erfolgen. In beiden Fällen ist als Meßwerterfassungsglied vorteilhaft der Impulsgeber einsetzbar.
Bei der Frequenzmessung wird eine Impulszählung mit fester Meßzeit durchgeführt. Um bei niedrigen Drehzahlen die notwendige Impulszahl zu erhalten, muß die Auflösung des Gebers groß sein. Es ist deshalb zu empfehlen, möglichst Geber der Typen IG 2 und IG 4 zu verwenden und sie mit einer nachgeschalteten Impulsvervierfachung zu versehen.
Günstigere Resultate ergeben sich besonders bei niedrigen Drehzahlen mit der Periodendauermessung. Bei diesem Verfahren werden in der Periodendauer der Gebersignale die Impulse einer Festfrequenz gezählt. Zur Ermittlung der Drehzahl ist noch der Reziprokwert zu bilden.

5.4. Drehzahlerfassung mit analoger Signalbereitstellung

Neben der digitalen Drehzahlerfassung hat auch die analoge Signalbereitstellung Bedeutung. Das analoge Drehzahlsignal wird u. a. als Istwert in analogen Regelkreisen und bei der Drehzahlauswertung mit x-y-Schreibern benötigt.
Auch für diesen Einsatzfall kann zur Meßwerterfassung der Impulsgeber eingesetzt werden, wenn diesem ein Frequenz-Spannungs-Wandler nachgeschaltet wird.
Ein großer Teil der Wandler arbeitet nach dem Prinzip der Mittelwertbildung. Bei diesem Verfahren werden aus den vom Geber abgegebenen Signalen Impulse konstanter Breite und Amplitude abgeleitet. Die Impulsfolge wird einem Glättungsglied zugeführt, an dessen Ausgang durch Mittelwertbildung eine der Geberfrequenz proportionale Spannung anliegt. Um den Oberwellengehalt klein zu halten, muß die Zeitkonstante des Glättungsgliedes mindestens gleich der 10fachen Periodendauer der Geberfrequenz sein. Mit dem Verfahren ist deshalb nur eine begrenzte Dynamik erreichbar. Die Schaltung eines Frequenz-Spannungs-Wandlers ist im Bild 8 ausgeführt.

6. Zusammenfassung

Der zunehmende Einsatz der Mikrorechentechnik zur Drehzahlerfassung, Drehzahlregelung und Positionierung von Antriebssystemen erfordert Meßwerterfassungsglieder mit digitaler Signalausgabe. Solche Impulsgeber werden vom VEB Kombinat Elektromaschinenbau an Gleichstrom-Mikromotoren angebaut und als separate Baueinheit bereitgestellt. Die kleinen Abmessungen der Impulsgeber ermöglichen materialsparende konstruktive Lösungen und eine progressive Miniaturisierung der Geräte. Die Auflösung von 100 Impulsen/Umdrehung sichert den universellen Einsatz sowohl zur Drehzahlerfassung als auch zur Steuerung inkrementaler Vorgänge.
Gegenüber herkömmlichen Gleichstrom-Tachometergeneratoren ergeben sich folgende Vorteile:

— keine mechanischen Verschleißteile
— kleinere Abmessungen
— zusätzliche Erfassung des Drehwinkels.

Die Ausgangssignale der Impulsgeber können sowohl digital als auch nach Frequenz-Spannungs-Wandlung analog weiterverarbeitet werden.

EA 5919

Ideenwettbewerb für zeitgemäßes Licht

Muster, Modelle oder grafische Darstellungen für neue Leuchten sind beim Designwettbewerb „Zeitgemäßes Licht" gefragt, zu dem das Kombinat NARVA und das Amt für industrielle Formgestaltung aufgerufen haben. Ideen, vor allem für neue energieeffektive und moderne Lichtquellen, die besonders junge Leute ansprechen, können Designer sowie Studenten von Hoch- und Fachschulen dieser Branche bis Jahresende einreichen.
Adressat ist das **Designzentrum des Kombinates VEB NARVA „Rosa Luxemburg" Hainstraße 5, Leipzig, 7010**. Gefragt sind Leuchten, die sich industriell herstellen lassen und das Angebot des größten Lichttechnikproduzenten der Republik erweitern sollen. Ein Gremium, bestehend aus Fachleuten, entscheidet über die besten Entwürfe, die prämiert und in die Produktion überführt werden.
ADN/EL

Elektronikmotoren für Geräteantriebe

R. Möbius, KDT, Hartha

Der bisher übliche Einsatz von mechanisch kommutierten und drehzahlstabilisierten Motoren ermöglichte nicht die Realisierung von Antrieben entsprechend den hohen Qualitätsforderungen der HiFi-Technik in Laufwerken für Kassettentonbandgeräte [1]. Das sind insbesondere solche Parameter wie Langzeitkonstanz der Drehzahl im Lebensdauerzeitraum, Beibehaltung der Gleichlaufeigenschaften im Lebensdauerzeitraum, Lastunabhängigkeit der Drehzahl im zulässigen Drehmomentenbereich sowie Lebensdauer und Zuverlässigkeit.
Resultierend aus den Forderungen der Anwender wurde deshalb im VEB Elektromotorenwerk Hartha die Entwicklung von elektronisch kommutierten und geregelten Motoren vorrangig für Kassettenlaufwerke aufgenommen und mit zwei Varianten in die Produktion ab 1984 übergeleitet.

1. Technisch-ökonomische Zielstellung der Entwicklung

Neben der Erreichung der vom Anwender fixierten Hauptparameter, z. B. Betriebsspannungsbereich, Drehmomentenbereich, Anzugsmoment und Schalleistungspegel, war die Realisierung folgender Forderungen von Bedeutung:

- Erarbeitung einer funktionsfähigen Lösung ohne zusätzliche Rotorlagegeber zur Minimierung des Stromverbrauchs
- PLL (phase-locked-loop)-geregelter Antrieb ohne zusätzliche Istwert-Geber (Tachometer, Impulsgeber)
- energetisch optimale Motorauslegung
- Schaffung eines Antriebs, der höchsten technischen Ansprüchen genügt, aber andererseits auch noch ökonomisch vertretbar in Geräten niederer Klassen eingesetzt werden kann
- Langzeitstabilität von Drehzahl, Gleichlauf, Funkstörung und Schalleistungspegel
- Wegfall des Einsatzes von Edelmetallen (Gold, Silber und Palladium)
- Reduzierung des Arbeitszeitaufwandes.

2. Prinzipiell technische Lösung [1]

Kennzeichnend für das mechanische Konzept ist ein einfacher Aufbau des gesamten Antriebs. Der Motor besteht aus einem bewickelten Innenständer. Er enthält das gesamte Lagersystem einschließlich der Spurlagerplatte für den Außenläufer mit keramischem Permanentmagneten. Die Leiterplatte mit der kompletten Steuer- und Regelelektronik ist axial hinter der Trägerplatte für den Ständer untergebracht. Diese drei Baugruppen werden von einem Gehäuse umschlossen.
Hauptbestandteil der Steuer- und Regelelektronik ist ein vom VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder) in Zusammenarbeit mit dem VEB Elektromotorenwerk Hartha entwickelter integrierter Schaltkreis. Die Hauptfunktionsgruppen der Elektronik sind die elektronische Kommutierung und die Regelung der Drehzahl, die höchste Drehzahlkonstanz bei minimalen Gleichlaufschwankungen gewährleistet. Außerdem werden von der integrierten Schaltung noch zusätzliche Schutz- und Servicefunktionen erfüllt.
Das realisierte Prinzip der elektronischen Kommutierung beruht auf der zyklischen Selbstfortschaltung der Ströme in den drei Strängen der Ständerwicklung. Als Steuersignal dient dabei die in den zeitweilig stromlosen Wicklungssträngen durch die Rotation des Läufermagneten induzierte Spannung. Sie wird durch Trigger bewertet, die ihrerseits in der erforderlichen Reihenfolge die den Wicklungssträngen zugeordneten Stromquellen ansteuern. Der Anlauf des Motors erfolgt mit einer in Drehrichtung oszillatorisch erzwungenen Stromeinspeisung der Wicklungsstränge. Dieser dem Rotor aufgezwungene, oszillatorisch erzeugte Zwangstakt wirkt nur so lange, bis in den Wicklungssträngen die durch die Läuferrotation induzierte Spannung eine auswertbare Größenordnung erreicht hat.

Dipl.-Ing. *Richard Möbius* ist Mitarbeiter für Forschung und Entwicklung im VEB Elektromotorenwerk Hartha.

Schon wesentlich unterhalb der Nenndrehzahl ist die in den nichtstromführenden Wicklungssträngen induzierte Spannung so groß, daß eine Selbstfortschaltung mit Hilfe der Trigger in der bereits beschriebenen Weise erfolgt.
Das Drehzahl-Regelsystem besteht aus einem kombinierten Proportional-Phasendifferenz-Regelkreis. Die dafür erforderlichen Ist-Größen werden durch den Spitzenwert der in den Wicklungssträngen induzierten Spannung und die Frequenz der Triggerimpulse zur Ansteuerung der Wicklungs-Stromquellen bereitgestellt. Die für ein PLL-Regelsystem notwendige, der Nenndrehzahl des Motors entsprechende Sollfrequenz liefert der in Verbindung mit entsprechenden Frequenzteilern arbeitende Referenzoszillator, der auch die Zwangsfortschaltung der Wicklungsstränge in der Anlaufphase des Motors steuert.
Aus dem dargestellten Funktionsprinzip wird ersichtlich, daß dieses Antriebssystem ohne zusätzliche Rotorlagegeber (Optokoppler, Hallelemente) zum Anlauf und zur Kommutierung und ohne zusätzliche Drehzahl-Istwert-Geber (Impulsgeber, Tachogeneratoren) zur Realisierung einer hochwertigen Drehzahlregelung für die noch zu beschreibenden Anwendungsfälle uneingeschränkt anwendbar ist.

3. Einsatz des Elektronikmotors [2]

3.1. Antrieb in Kassetten- und Phonolaufwerken der Unterhaltungselektronik

Das Fertigungsprogramm des VEB Elektromotorenwerk Hartha umfaßt derzeit folgende Elektronikmotorvarianten (Bild 1):

Typ	Nennspannung V	Nenndrehzahl min^{-1}
1170.2	9	2000
1170.2/1	12	2000
1170.3	9	1500
1170.3/1	12	1500

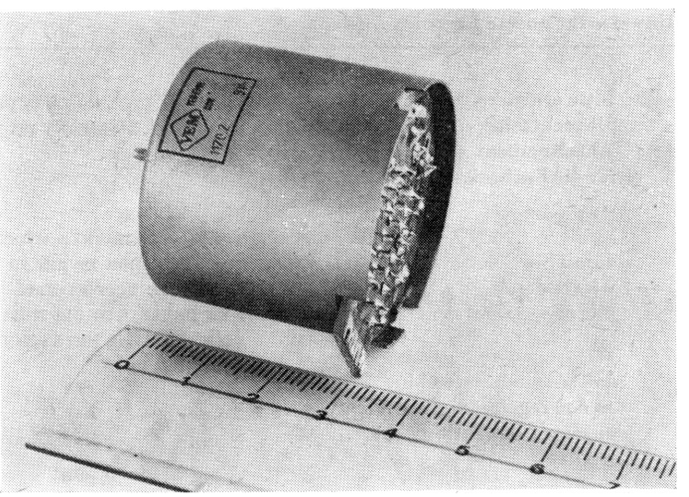
Zur Zeit wird der Elektronikmotor in drei verschiedenen Kassettenlaufwerk-Grundtypen eingesetzt:

- Laufwerk MU 300S-DR des VEB Stern-Radio Berlin für Radiorecorder (z. B. SKR 700 bzw. 701, SKR 550 bzw. 551, Audio 145) und Kompaktanlagen bzw. Kassettendecks (z. B. SC 1800 bzw. SC 1900, SK 3930)
- Zweimotoren-HiFi-Laufwerk LW 1200 des VEB Stern-Radio Sonneberg, ausschließlich für Kassettendecks (z. B. HMK-D100)
- Laufwerk LW 600 des VEB Elektronik Gera, ebenfalls für Kassettendecks (z. B. GC 6031 bzw. 6032).

Alle diese Laufwerke wurden ursprünglich mit mechanisch kommutierten und in bekannter Weise drehzahlstabilisierten Motoren ausgerüstet.
Der Einsatz des Elektronikmotors in diese Laufwerke brachte erwartungsgemäß eine Parameterverbesserung bzw. -stabilisierung. Kennzeichnend dafür sind:

- geringere Drift der Bandgeschwindigkeit (typisch $< 1\%$)
- bis zu 50% geringere Bandgeschwindigkeitsdifferenz zwischen Bandanfang und Bandende
- niedrigere tieffrequente Gleichlaufschwankungen
- laufzeitunabhängige minimale Funkstörung

Bild 1. Elektronikmotor Typ 1170.2 vom VEB Elektromotorenwerk Hartha



— geringer Schalleistungspegel
— wesentliche Erhöhung der Zuverlässigkeit.

Weiterhin wurde der Elektronikmotor als sich sehr gut bewährender Indirektantrieb im neu entwickelten Plattenspieler LT-CS 01 des Kombinats VEB Elektronische Bauelemente „Carl von Ossietzky", Teltow, eingesetzt.
Aufgrund seiner niedrigen Schwinggeschwindigkeit und seiner geringen Masse konnten Plattentellerlagerung und Motorbefestigung ohne besondere schwingungsdämpfende Maßnahmen auf der gleichen Grundplatte befestigt werden. Die Drehzahlumschaltung für 33 min^{-1} bzw. 45 min^{-1} erfolgt auf einfache Weise elektrisch über die Möglichkeit der Frequenzverstimmung des Referenzoszillators.

3.2. Lüfterbausteine für elektrotechnisch-elektronische Gerätetechnik

Im Programm des VEB Elektromotorenwerk Hartha befinden sich weiterhin zwei Typen von Lüfterbausteinen mit elektronisch kommutierten Gleichstrommotoren.
Das mechanische und elektrische Grundkozept entspricht dem des im Abschn. 2. beschriebenen Elektronikmotors. Es wird der gleiche Schaltkreis eingesetzt. Lediglich die Regelelektronik ist unwirksam. Diese kompletten Baueinheiten für die elektrotechnisch-elektronische Geräteindustrie zeichnen sich aus durch

— hohe Zuverlässigkeit
— geräuscharmen Lauf
— hohe Luftleistung bei niedriger Leistungsaufnahme
— geringes Eigenvolumen
— großen Drehzahlstellbereich
— hohe Funktionssicherheit.

Die Lüfterbausteine der Typen 1458.1 und 1459.5/1 werden in den Abmessungen 80 mm bzw. 119 mm Kantenlänge und 38 mm Einbautiefe bereitgestellt. Sie sind für eine Nennspannung von 12 V ausgelegt. Über die Speisespannung im Bereich von 6 V bis 13,5 V sind sie bezüglich der Drehzahl etwa im Verhältnis 1:2 stellbar. Damit ist eine optimale Anpassung bezüglich der lufttechnischen Parameter sowie der Laufgeräusche für den jeweils speziellen Einsatzfall bei Erreichung eines hohen elektrischen Wirkungsgrades gegeben.
Der eingesetzte Schaltkreis übernimmt auch hier solche Schutzfunktionen wie Strombegrenzung und thermischen Schutz. Außerdem besteht die Möglichkeit, über einen speziellen Anschluß eine Drehzahlüberwachung vorzunehmen.
Nachfolgende Vorteile veranschaulichen die technischen und ökonomischen Effekte, die durch die Anwendung des Elektronikkonzepts bei Lüfterbausteinen im Vergleich zum Antrieb mit Spaltpolmotor entstehen:

— Senkung des Materialeinsatzes von Dynamoblech um etwa 70 %
— Senkung des Materialeinsatzes von Wickeldraht um etwa 70 %
— Verringerung der Leistungsaufnahme um etwa 75 %
— Erhöhung des Lüfterwirkungsgrades um den Faktor 3 bis 4
— Erhöhung der mittleren ausfallfreien Zeit um den Faktor 2 bis 3.

3.3. Elektromedizinischer und industrieelektronischer Gerätebau

Im Forschungsinstitut Manfred von Ardenne werden derzeit Elektronikmotoren der im Abschn. 3.1. genannten Typen sowohl für spezielle Geräte der Elektromedizin als auch der industriellen Elektronik eingesetzt. In beiden Fällen dienen sie zum Antrieb eines Choppers für optoelektronische Meßeinrichtungen.

Vorteilhaft werden hier folgende Eigenschaften des Elektronikmotors genutzt:

— Betrieb mit Niederspannung
— hohe Drehzahlkonstanz
— elektrische Störarmut
— akustische Laufruhe und mechanische Schwingungsarmut
— Fremdsynchronisierbarkeit der Drehzahl (z. B. mit Rechnertakt)
— hohe Lebensdauer bei Einhaltung aller Parameter.

4. Perspektivisch nutzbare Eigenschaften für die Anwender [2]

Bei Weiter- und Neuentwicklungen von Laufwerken und Geräten bietet das vorgestellte und realisierte Antriebskonzept eine Reihe von z. Z. noch nicht genutzten technischen Möglichkeiten, die in folgendem bestehen:

— Einfache Möglichkeit der Drehrichtungsumkehr über ein H/L-Signal am entsprechenden Steuereingang
— Bereitstellung eines Steuersignals, mit dem bei Hochlauf des Motors eine zeitlich definierte Ausblendung der NF im Kassettengerät möglich ist (NF-Muting)
— beliebige Verbesserung der Drehzahlkonstanz ohne weitere Erhöhung des Schaltungsaufwandes durch Einsatz eines Uhrenquarzes oder Piezoschwingers zur Referenzfrequenzerzeugung (bei entsprechender Präzision der übrigen Bandantriebsmechanik kann somit eine Bandgeschwindigkeitsjustage entfallen)
— einfache Drehzahlumschaltung durch extern zuschaltbare Kondensatoren und Widerstände (damit ist beispielsweise eine Reduzierung der Umspulzeit von Kassetten einfach realisierbar)
— Betrieb eines oder mehrerer Motoren an einem externen Oszillator (hiermit ist ein völliger Synchronlauf der Antriebsmotoren in z. B. Doppellaufwerken mit Schnellkopiermöglichkeit gegeben)
— bei Einsatz des Elektronikmotors in Lüfterbausteinen sind bezüglich der Drehzahl temperatur- oder volumenstromgeregelte Varianten möglich.

5. Zusammenfassung

Das vorgestellte und teilweise bereits in die Praxis umgesetzte Antriebssystem vorrangig für Kassetten- und Phonolaufwerke charakterisiert den aus den Anforderungen der Konsumgüterelektronik resultierenden und notwendig gewordenen Generationswechsel für derartige Antriebe. Mit ihm ist die Voraussetzung zur Schaffung neuer Gerätequalitäten gegeben. Das beschränkt sich nicht nur auf die vorteilhafte Anwendung in den beschriebenen Laufwerken, sondern u. a. auch auf Antriebe für Lüfter in der Geräteindustrie oder überall dort, wo bei kleiner Leistung hohe Drehzahlkonstanz und Lebensdauer gefordert sind.

Literatur

[1] *Wilhelm, M.; Zahn, D.:* Neuer Kassettentonbandmotor — Elektromaschinen mit integrierter Elektronik. Elektromaschinenbau der DDR — Technische Mitteilungen 5 (1984) 2, S. 5
[2] *Möbius, R.:* Elektronisch kommutierte und drehzahlgeregelte Gleichstrommotoren für moderne und hochwertige Kassetten- und Phonolaufwerke der Unterhaltungselektronik. Elektromaschinenbau der DDR — Technische Mitteilungen 9 (1988) 2,

EA 5920

Hinweise für unsere Leser im Ausland:

Bitte erneuern Sie rechtzeitig Ihr Abbonnement für die Fachzeitschrift

ELEKTRIE

damit Sie sich für 1989 wieder den Bezug aller Ausgaben sichern.

Wir freuen uns, daß Sie auch weiterhin zu den regelmäßigen Lesern unserer Publikation gehören.

Не забудте заблаговременно продлить подписку на журнал

ELEKTRIE

на 1989 год, чтобы исключить перебои в получении всех номеров журнала в течение всего года. Мы рады, что вы и дальше будете регулярными читателями нашей публикации.

Please renew your subscription to journal

ELEKTRIE

in time, in order to provide again the delivery of all issues of the 1989 volume. We are glad, that you will belong to the readers of our periodical in future, too.

Hermetikmotoren – Beispiel für die optimale Gestaltung eines Einzweckantriebes

H.-J. Strehlau, KTD, Dresden

Hermetikmotoren sind ein- oder dreiphasige Asynchronmotoren, die mit dem anzutreibenden Kältemittelverdichter eine konstruktive Einheit bilden. Charakteristisch ist, daß bestimmte motorspezifische Bauteile wie Welle, Lager, Lagerschilde und Gehäuse durch die funktionell äquivalenten Verdichterbaugruppen Kurbelwelle, Kurbelwellenlager und -gehäuse ersetzt werden. Bereits diese Tatsache verdeutlicht: Ein optimaler Antrieb ist nur durch die umfassende Beachtung des ungewöhnlich hohen Integrationsgrades Motor – Verdichter realisierbar, wobei grundsätzlich die verdichterseitigen Forderungen das Primat haben. Trotz dieser notwendigen Beschränkungen bleibt für den Elektromaschinenbau noch genügend Freiraum, um eine elektromagnetisch günstige und technologiefreundliche Motorauslegung umzusetzen. Im folgenden soll unter Verzicht auf eine Vielzahl weiterer Aufgabenkomplexe, die sich aus thermischen, chemischen und akustischen Randbedingungen ergeben, auf typische Schwerpunkte der elektromagnetischen Dimensionierung eingegangen werden. Weiterhin werden zu Fragen der Material- und Energieökonomie einige grundlegende Aussagen gemacht und mögliche Schlußfolgerungen diskutiert.

1. Konstruktiver Aufbau und Besonderheiten

Zur eindeutigen Begriffsfestlegung wird unter Hermetikmotor grundsätzlich ein elektromagnetisch funktionstüchtiger Motor verstanden, wie er im Bild 1 — im Verdichter angeordnet — zu sehen ist. Bild 2 verdeutlicht wesentliche konstruktive Merkmale dieses Einzweckantriebes. Es ist ersichtlich, daß das Lagergehäuse des Verdichters gleichzeitig zur Befestigung des Ständerblechpaketes dient und der Kurzschlußläufer fliegend auf der Verdichterkurbelwelle sitzt.
Für die stückzahlbestimmenden Einphasenmotoren bis etwa 500 W Nennabgabeleistung sind folgende weitere Merkmale typisch:

— Ausschließlich Anwendung zweipoliger Motoren
— Ungetränkte Ständerwicklungen, Haupt- und Anlaufwicklung zur Minimierung des Oberwellengehaltes überlappt ausgeführt
— Kurzschlußläufer am oberen Kurzschlußring zur Verbesserung der Verlustwärmeabfuhr bei modernen ölgekühlten Ausführungen mit Ölschleuderring versehen
— Anwendung geschlossener Läufernuten, damit das mögliche Ablösen von Alu- oder Stahlspänen mit Rücksicht auf die Sauberkeit im Kältekreislauf unterbunden wird.

Dr.-Ing. *H.-J. Strehlau* ist Leiter F/E des Elektromotorenwerkes Dresden-West im VEB Elektromaschinenbau Dresden.

2. Elektromagnetische und geometrische Hauptparameter

Hermetikmotoren lassen sich durch wenige Hauptparameter charakterisieren. Dabei ist zu beachten, daß im Gegensatz zur normalen Asynchronmaschine der dominierende Begriff „Nennleistung" im Sinne einer thermischen Grenzleistung entfällt, da bei sauggasgekühlten Hermetikmotoren eine tendenziell reziproke Charakteristik zwischen Wicklungstemperatur und Motorleistung besteht bzw. bei ölgekühlten Ausführungen mit Rücksicht auf energetische Belange thermische Reserven des Isolationssystems bewußt nicht genutzt werden. Um jedoch die mit Rücksicht auf den Motorwirkungsgrad erforderliche Nennleistung zu fixieren, wird in den meisten Fällen ein Wert gewählt, der dem kältetechnischen Nennpunkt des Verdichters bzw. Kälteaggregates entspricht und damit aus der Sicht des Elektromaschinenbauers relativ willkürlich ist.
Für den Kältemittelverdichter und damit für den Hermetikmotor wird vielmehr das Kippmoment zum funktionell wesentlichsten Dimensionierungsparameter, da seine Größe direkt durch die beim kältetechnischen Anfahrvorgang nach wenigen Minuten auftretende Drehmomentenspitze bestimmt wird.
Zu den geometrischen Hauptparametern gehören Bohrungsdurchmesser und Außendurchmesser des Ständers, Länge des Blechpakets und Läuferbohrungsdurchmesser.
Während der Außendurchmesser des Ständers und der Bohrungsdurchmesser des Läufers — verdichterseitig bedingt — praktisch festliegen, kommt der optimalen Wahl des Ständerbohrungsdurchmessers mit Rücksicht auf möglichst geringe Masse und kleines Bauvolumen sowie günstige elektromagnetische Parameter besondere Bedeutung zu.

3. Ergebnisse des Motorentwurfs am Beispiel der energiesparenden Reihe Hermetikmotoren ERH

3.1. Hauptabmessungen und Parameter im einphasigen Betrieb

Ausführliche Erläuterungen zur Entwurfsstrategie und zur Berechnung aller relevanten elektromagnetischen, geometrischen und ökonomischen Größen bei Hermetikmotoren sind in [1] [2] [3] umfassend dargestellt. Im folgenden wird als typisches Beispiel für die Diskussion von Lösungsvarianten das Diagramm $\eta = f(l)$ mit d_1 und D_i als Parameter dargestellt.
Bild 3 verdeutlicht die Vielzahl der Möglichkeiten, die bereits bei Ansatz einer relativ geringen Anzahl und Schrittbreite von Variationsparametern eine vorgegebene Zielfunktion, z. B. die wichtige Größe Motorwirkungsgrad, erfüllen. Selbstverständlich ist, daß auch die Einhaltung anderer wichtiger Randbedingungen (z. B. gefordertes Kippmoment) gegeben sein muß.
Entscheidungen für diese oder jene Lösungsvariante können nur unter Einbeziehung weiterer Beurteilungskriterien erfolgen.

Bild 1. Schnittbild eines Hermetikverdichters

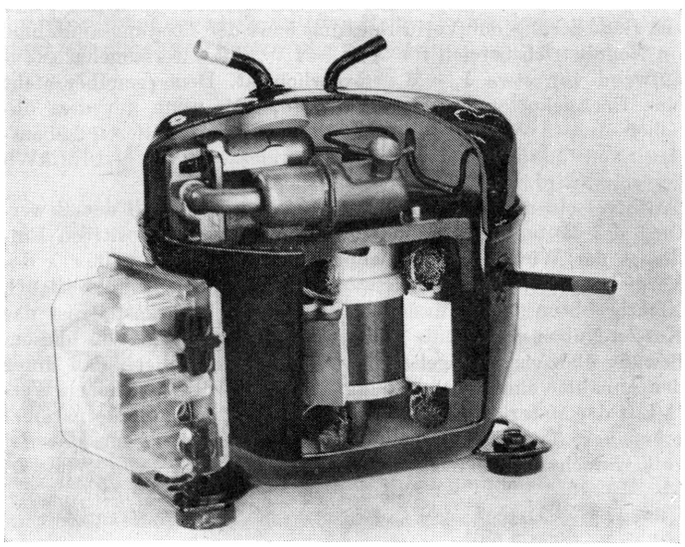
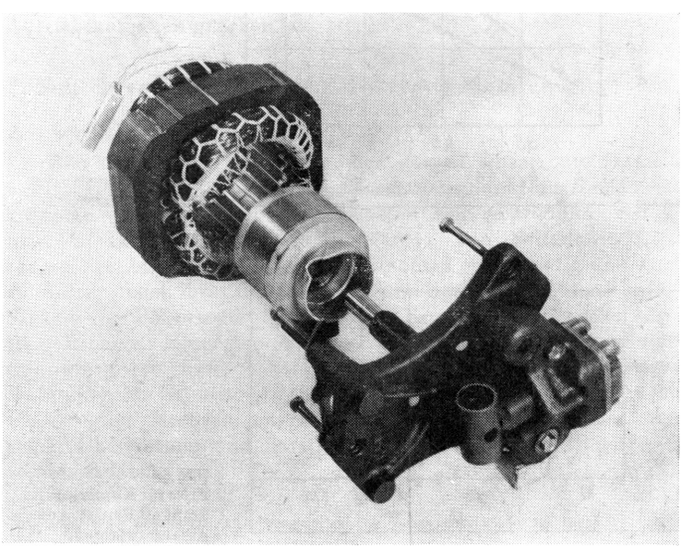


Bild 2. Explosivdarstellung eines Hermetikmotors



Das können sein:

— Kostenminimum bei der Summe der Materialaufwendungen

— kleinste Masse und/oder geringstes Bauvolumen

— Beachtung von Gesichtspunkten einer Baureihenkonzeption einschließlich Modifikation, z. B. gleiche Blechpaketlängen für zwei eng nebeneinanderliegende Leistungen, erforderlicher Nutquerschnittsbedarf des ungünstigsten Typs usw.

3.2. Hauptparameter im zweiphasigen Betrieb

Die Auslegung der Anlaufwicklung bzw. die durch sie zu realisierenden Parameter

— Anlauf- und Sattelmoment

— Temperaturanstieg/s der Anlaufwicklung

— Abfallstrom des Motorhalteverhältnisses

muß sich grundsätzlich der einphasigen Motorauslegung unterordnen. Im Normalfall ist diese Prämisse durchaus realisierbar, d. h., als Basis für die Auslegung der Anlaufwicklung dient die nach Abschn. 3.1. festgelegte optimale Variante des einphasigen Motors.
Die Auslegung der Anlaufwicklung kann im allgemeinen ausschließlich nach ökonomischen Gesichtspunkten vorgenommen werden, die Einhaltung der geforderten technischen Parameter selbstverständlich vorausgesetzt. Als Beispiel für die Kostenabhängigkeit der wesentlichsten zweisträngigen Parameter werden in den Bildern 4 und 5 und unter Einbeziehung alternativer Parameter die typischen Zusammenhänge demonstriert. Als wesentliche Aussage ist festzuhalten, daß sowohl mit steigendem Anlaufmoment als auch mit sinkendem Temperaturanstieg (fallende Stromdichte) in der Anlaufwicklung, d. h., in beiden Fällen mit größerem Materialeinsatz (Cu-Lackdraht), sich ungünstigere ökonomische Werte ergeben. In Abhängigkeit von den spezifischen Kundenforderungen werden diese Größen also unmittelbar kosten- bzw. preiswirksam.

4. Lösungsvarianten unter Beachtung der Material- und Energieökonomie

Hermetikmotoren liegen mit einer durchschnittlichen Einschaltdauer von etwa 50 % am Netz. Ausgehend vom hohen Ausstattungsgrad der Haushalte mit Kältegeräten kommt dem Energieverbrauch dieser Konsumgüter bereits eine bestimmte volkswirtschaftliche Bedeutung zu. So werden in der DDR etwa 12 % der gesamten Elektroenergieerzeugung im Haushalt verbraucht und davon wiederum etwa 20 % durch die Kältegeräte. Die Senkung des Energieverbrauchs ist daher auch auf diesem Sektor ein Erfordernis der Zeit; untersetzt wird dieser Trend durch bereits bestehende Grenzwerte des Normenenergieverbrauchs bei Kältegeräten in verschiedenen Ländern. Trotz der Komplexität der energetischen

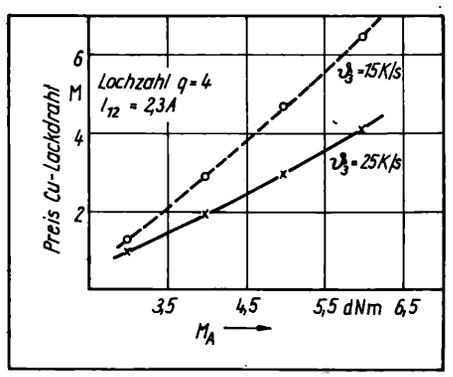


Bild 4
Preis für Kupferlackdraht als Funktion des Anlaufdrehmoments

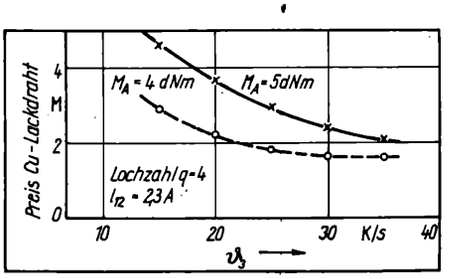


Bild 5
Preis für Kupferlackdraht als Funktion der Anlauferwärmung

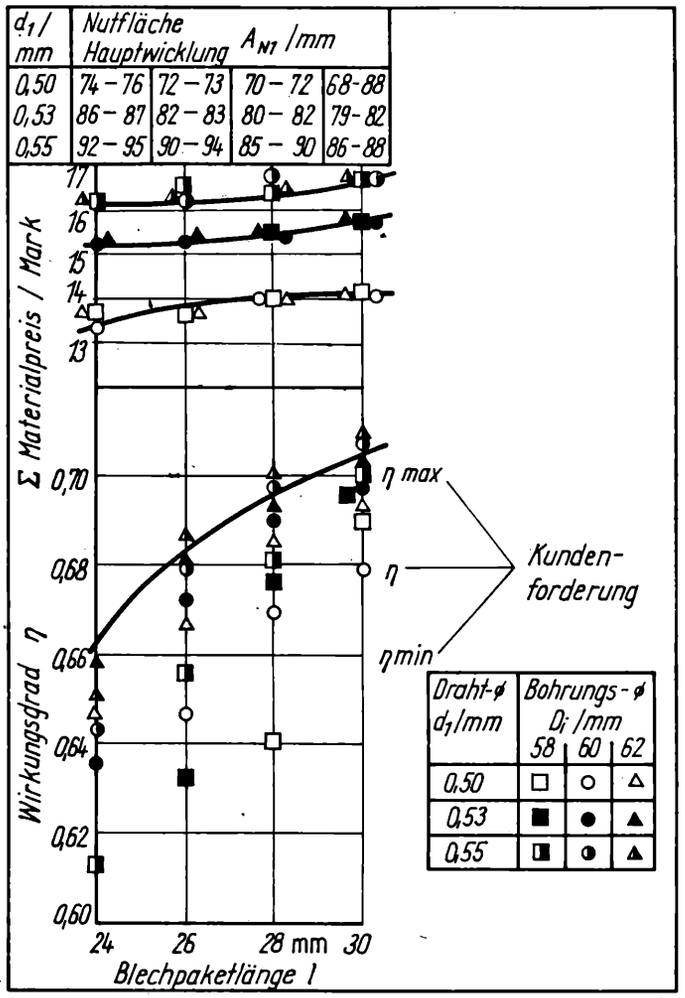


Bild 3. Wirkungsgrad und Materialpreis als Funktion geometrischer Hauptparameter

Effektivität eines Hermetikverdichters, auf die hier nicht eingegangen werden kann, ist der Wirkungsgrad des Motors eine mitbestimmende Kenngröße für die Leistungsziffer ε[1]) eines Verdichters. Die Entwicklungsrichtungen der letzten Jahre und der absehbaren Perspektive laufen deshalb auf eine Anhebung des Motorwirkungsgrades durch intensive und extensive Maßnahmen hinaus. Außer der vorrangigen Nutzung von Intensivierungsquellen zur Wirkungsgradsteigerung, die ausgehend vom meist vorhandenen guten Niveau der Motorenauslegung nur einen eng begrenzten Zuwachs erbringen können, sind erhöhte Aufwendungen an aktivem Material im Sinne volkswirtschaftlicher Effekte möglich und richtig. Diese Feststellung läßt sich wie folgt beweisen:
Aus rechnerischen Ermittlungen einschließlich experimenteller Überprüfung an verschiedenen Hermetikmotorentypen folgt, daß zur Reduzierung der Verlustleistung bzw. der Leistungsaufnahme im Nennbetriebsbereich für $\Delta P_1 = 1$ W ein Materialmehrkostenaufwand von etwa 1,— M erforderlich ist. Demgegenüber steht eine Energiekostenreduzierung von 10,52 M, wenn mit dem üblichen Ansatz von 50 % Einschaltdauer, einer mittleren Lebensdauer von 15 Jahren und den realen Energiekosten von —,16 M/kWh gerechnet wird.
Trotz verschiedener Vernachlässigungen, z. B. Entfall der Bewertung des Bauvolumens und der Motormasse, des positiven Einflusses der Wirkungsgradanhebung auf die Leistungsziffer ε des Verdichters (geringere Verlustwärmeabfuhr in den Kältekreislauf), Nichtbeachtung von Zinserlösen für Materialmehrkosten, ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis mit etwa 1:10 eindeutig. Aus diesem bewußt überschaubar gehaltenen Vergleich resultiert, daß unter der Annahme einer etwa gleich großen volkswirtschaftlichen Wertigkeit der Material- bzw. Energieökonomie der auch international erkennbare Trend zur Erhöhung des Anteils an aktivem Material volkswirtschaftlich gerechtfertigt ist.

[1]) Kältetechnische Leistungsziffer ε, ausgedrückt durch das Verhältnis Kälteleistung/Leistungsaufnahme in Watt

Motortyp	M_{Kipp} dNm	M_A dNm	P_2 Nenn W	η %
EN04	4,0 – 0,3	3,5 – 0,5	63	71
EN05	5,0 – 0,4	4,0 – 0,6	63	72
EN06	6,0 – 0,5	4,0 – 0,6	63	70
EN07	7,0 – 0,6	5,5 – 0,8	90	73
EN08	8,0 – 0,6	5,5 – 0,8	90	70

Tafel 1
Energiesparende Reihe Hermetikmotoren ERH

Motortyp	M_{Kipp} dNm	M_A dNm	P_2 Nenn W	η %
MN08		4,2 – 0,7		
	7,5 – 0,8		60	67
MH08		13,5 – 2,7		
MN10		5,0 – 0,7		
	9,5 – 0,9		75	70
MH10		16,7 – 3,3		
MN12		6,7 – 1,0		
	11,5 – 1,2		90	71
MH12		16,7 – 3,3		
MN15		9,5 – 1,5		
	14,0 – 1,4		110	72
MH15		22,0 – 4,4		
MN18		10,2 – 1,5		
	17,8 – 1,8		140	73
MH18		25,0 – 5,0		
MN23		14,4 – 2,2		
	23,0 – 2,3		180	73
MH23		35,0 – 7,0		

Tafel 2
Mittlere Reihe Hermetikmotoren-MRH

5. Angebotspalette

In den Tafeln 1 und 2 sind die Erzeugnisreihen für Hermetikmotoren zusammengestellt.
Allgemeine technische Daten
Nennspannung $U_1 = 220$ V, $f_1 = 50$ Hz
Zulässige Wicklungstemperatur bei Dauerbetrieb 140 °C
Motorverhalteverhältnis $\geqq 1{,}4$.

Mit beiden Erzeugnisreihen werden alle Anforderungen des Finalproduzenten, VEB dkk Scharfenstein, hinsichtlich Sortiment und Qualität umfassend erfüllt und die antriebsseitigen Voraussetzungen geschaffen, Kältegeräte mit hohen Gebrauchseigenschaften und ausreichender Typenvielfalt zu fertigen.

6. Zusammenfassung

Ausgehend vom Finalerzeugnis Kältemittelverdichter werden die konstruktiven Besonderheiten von Hermetikmotoren dargelegt und der hohe Integrationsgrad Motor — Verdichter verdeutlicht. Am Beispiel eines Motortyps der energiesparenden Reihe Hermetikmotoren wird die Entwurfsstrategie der elektromagnetischen und geometrischen Hauptparameter erläutert und eine technisch-ökonomische Bewertung von Auslegungsvarianten vorgenommen. Zum Problemkomplex Material- und Energieökonomie wird ausgehend von der Spezifik dieses elektromotorischen Antriebs bewiesen, daß aufgrund der Kosten-Nutzen-Relationen aus volkswirtschaftlicher Sicht ein bestimmter Materialmehraufwand zur Wirkungsgradanhebung vertretbar ist. Abschließend wird die Angebotspalette an neuentwickelten Hermetikmotoren — die energiesparende Reihe sowie die mittlere Reihe Hermetikmotoren — mit ihren wesentlichsten Parametern vorgestellt.

Literatur

[1] *Strehlau, H.-J.:* Berechnung und Auslegung von Hermetikmotoren. Dissertation. TU Dresden 1984
[2] *Vaske, P.:* Optimierung oberfeldarmer Ein- und Zweiphasenwicklungen. ETZ A 90 (1969) 15, S. 367 – 371
[3] *Stepina, J.:* Die Einphasenmotoren. Wien, New York: Springer-Verlag 1982

EA 5921

Permanenterregte Motoren kleiner Leistung für allgemeine Anwendung

U. Schult, KDT, Karl-Marx-Stadt

Anliegen dieses Beitrages ist es, das Produktionssortiment kleiner permanentmagnet(PM)-erregter Motoren für allgemeine Anwendungsfälle vorrangig im Konsumgüterbereich bis zu einer Abgabeleistung von 10 W am Beispiel eines typischen Vertreters vorzustellen und Forderungen für die Weiterentwicklung dieser Motoren abzuleiten.

1. Bedeutung und Einsatz von PM-erregten Motoren

Die Entwicklung und der Anteil der kleinen PM-erregten Motoren am Gesamtproduktionswert des Elektromaschinenbaus wird durch ständig steigende Produktionsstückzahlen bestimmt. Die überwiegende Anzahl der Kleinantriebe wird, bedingt durch sich ständig neu erschließende Arbeitsgebiete und Bedürfnisse, im Bereich der elektromotorisch betriebenen Konsumgüter eingesetzt.
Durch die Auslegung ausschließlich für Niederspannung ($U \leqq 42$ V) werden PM-erregte Motoren eingesetzt für die

— Spielzeugindustrie
(Antrieb für einfachste elektromechanische Spielzeuge bis hin zu komplizierten elektronisch geregelten Antrieben für den Modellbau)
— Kfz-Elektrik
(Antrieb für Scheibenwaschanlagen bis zu aufwendigen Stell- und Regelgliedern)
— netzunabhängigen Haushaltgeräte
(z. B. akkubetriebene Kleinstaubsauger, Mixgeräte, Dosenöffner).

Hauptanwendungsgebiet der PM-erregten Motoren in netzbetriebenen Haushaltgeräten sind:

— Elektrowärmegeräte
(Lüfterantrieb für Haartrocken- und Lackabbrenngeräte sowie zur Vakuumerzeugung bei Folienschweißgeräten). Der Heizwiderstand des jeweiligen Gerätes fungiert dabei als Vorwiderstand bzw. Spannungsteiler zur Spannungsversorgung des PM-erregten Motors.

Im Bild 1 ist das Prinzipschaltbild und im Bild 2 der Aufbau eines Haartrockengerätes mit PM-erregten Motor als Lüfterantrieb dargestellt.

— Geräte der Ton- und Bildwiedergabetechnik

In den hochwertigen Konsumgeräten dieser Gerätegruppe sind in der Regel Elektronikbaugruppen enthalten, so daß die Niederspannungsversorgung des PM-erregten Motors für die verschiedenen Antriebsaufgaben gegeben ist.

2. Betriebsverhalten kleiner PM-erregter Motoren

2.1. Verfügbare Magnetmaterialien

Im Bild 3 wird ein Überblick über derzeit einsetzbare Magnetmaterialien gegeben. Die höchste Remanenzinduktion B erreichen kristalline AlNiCo-Typen, die höchsten Energieprodukte BH_{max} bzw. Koerzitivfeldstärken B^HC werden von Seltenerde-Legierungen erreicht. Beide Materialien kommen gegenwärtig und auch zukünftig wegen ihres hohen Preises und der beschränkten Verfügbarkeit für PM-erregte Motoren der Konsumgüterbranche nicht zum Einsatz. Hingegen sind die energieärmeren Bariumferrite (Sintermagnete) bzw. AlNiCo (Gußmagnete) als sehr preiswerte Materalien im Großeinsatz. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei PM-erregten Motoren mit AlNiCo-Magnetmaterial Maßnahmen gegen Überlastung und damit eine Entmagnetisierung getroffen werden müssen.

Dipl-Ing. *Uwe Schult* ist Abteilungsleiter für Motorenentwicklung im VEB Ingenieurbüro für Elektrogeräte Karl-Marx-Stadt.

Meßverfahren für elektrische Kleinmotoren in der Entwicklungsphase und der Fertigungsendkontrolle

H. Steinbach, KDT, Karl-Marx-Stadt

Die Meßtechnik hat in den letzten Jahren einen zunehmenden Einfluß auf die Entwicklung elektrischer Kleinmotoren wie auch auf die gesamte Geräteentwicklung gewonnen. Das ist auf

- die zunehmende Erhöhung des Leistungs-Masse-Verhältnisses und damit die konsequente Ausnutzung der Erwärmungsgrenzen
- die zunehmende theoretische Durchdringung der Prozesse, wozu tiefere Kenntnisse von Material und Geräteeigenschaften notwendig sind, und
- die zunehmende Erhöhung der Qualitäts- und Gebrauchseigenschaften der Geräte, zu deren Nachweis eine entwickelte Meßtechnik in der Fertigung und im Entwicklungsbereich notwendig ist,

zurückzuführen. Im folgenden werden einige Meßverfahren und Forderungen an Meßverfahren beschrieben, die für Kleinmotoren bedeutungsvoll sind.

1. Meßverfahren für die Entwicklungsphase

Die in der Entwicklungsphase von Kleinmotoren angewandten Meßverfahren sollen Aussagen zur konstruktiven Gestaltung und zur Dimensionierung liefern. Daher ist sowohl die Untersuchung von Werkstoffparametern als auch die Bestimmung der Betriebsparameter der Kleinmotoren von Interesse.

1.1. Bestimmung magnetischer Parameter von Dynamoband

Bei jeder Entwicklung elektrischer Maschinen ist die genaue Kenntnis der magnetischen Eigenschaften der eingesetzten Werkstoffe ein besonderes Problem [1].
Die Kenntnis der Verluste bei höheren Frequenzen und der Magnetisierungskennlinie ist bei hochtourigen Universalmotoren für die Optimierung des magnetischen Kreises von Bedeutung. Aus diesem Grund wurde von der TU Dresden, Sektion Elektrotechnik, ein rechnergestütztes Meßgerät entwickelt, das ein Minijoch (Koppelmann-Joch) als Sensor verwendet [2]. Die verwendeten zwei Probenstreifen müssen folgende Abmessungen haben:

- Länge 50 bis > 70 mm
- Breite 5 bis 15 mm
- Dicke 0,35 bis 1,0 mm.

Das Meßgerät mit angeschlossenem Steuerrechner ist im Bild 1, das Meßjoch im Bild 2 dargestellt. Über den Steuerrechner wird das Meßgerät bedient und die Auswertung der Daten vorgenommen. Es besteht die Möglichkeit der Speicherung der Daten. Bei der Erprobung des Meßgerätes wurde folgende Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse festgestellt [2]:

$$\Delta \hat{B} = 0{,}005\ \mathrm{T},\quad \Delta \hat{H} = 0{,}02\ \mathrm{A/cm},\quad \Delta V = 0{,}11\ \mathrm{W/kg}.$$

Die erreichbaren Maximalwerte der Induktion, Feldstärke und Frequenz werden von der Dimensionierung des Verstärkers bestimmt. Mit den gebauten Geräten wurden folgende Werte erreicht:

- Induktion Sättigungsinduktion
- Feldstärke 350 A/cm
- Frequenz 1600 Hz bei $\hat{B} = 0{,}5$ T.

Besonders die einstellbare maximale Frequenz ist von der Aussteuerung und dem Probenmaterial abhängig.
Die Meßergebnisse können in integraler Form

$$\hat{B} = f(\hat{H}) \tag{1}$$

dargestellt werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, die gesamte Ummagnetisierungskurve anzugeben. Im Bild 3 sind die Kurven für das Material BSK 55 dargestellt.
Neben der kleinen benötigten Probenmasse hat das Meßgerät den Vorteil, daß die Messungen bei höheren Frequenzen durchgeführt werden können. Außerdem ergeben sich durch den Rechnereinsatz

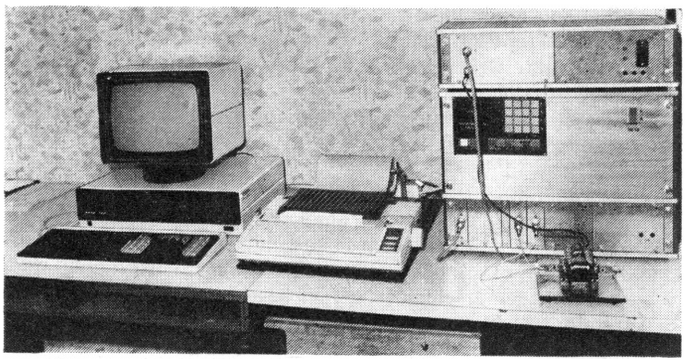


Bild 1. Meßgerät zur Bestimmung magnetischer Kenngrößen von Dynamoband

leichte Handhabbarkeit des Meßgerätes und günstige Weiterverarbeitungsmöglichkeiten der Meßergebnisse. Umfangreiche Meßergebnisse an einer großen Probenanzahl wurden in [2] und [3] dargestellt.

1.2. Bestimmung des Kennlinienfeldes

Die Bestimmung des Kennlinienfeldes der Motoren,

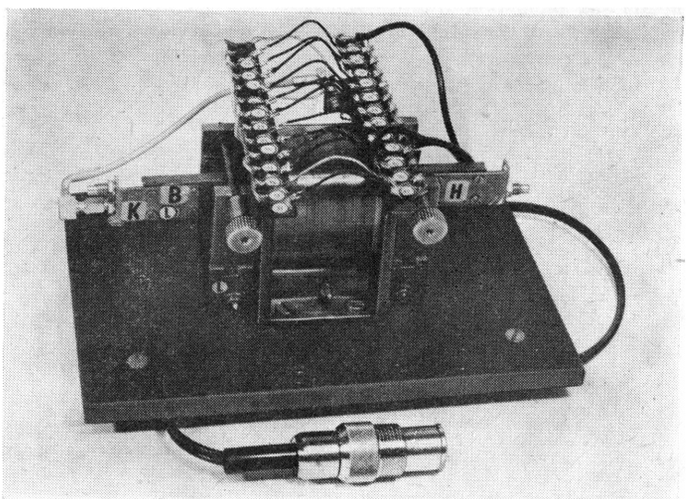
$$\left.\begin{array}{l} n \\ I \\ P_1, P_2 \\ \cos\varphi \\ \eta \end{array}\right\} = f(M) \tag{2}$$

ist ein zentrales Problem bei der Entwicklung elektrischer Kleinmotoren. Neben einer Vielzahl in der Literatur beschriebener Verfahren haben sich im praktischen Gebrauch der klassische Seilbremsprüfstand und die Anwendung der Drehmomentenmeßwelle behauptet. Diese Meßeinrichtungen können leicht den geforderten Meßbedingungen angepaßt werden. Es erfordert jedoch immer einen gewissen Aufwand, die Meßeinrichtungen auf die jeweiligen Motorgrößen umzurüsten und die Belastungseinrichtungen anzukoppeln. Aus diesem Grunde wurde versucht, nach der Methode des Hoch- und Auslaufvorgangs das Kennlinienfeld zu bestimmen. Die bisherigen Versuchsaufbauten besaßen immer den Mangel einer nicht genauen Speicherbarkeit der Drehzahl-, Strom- und Spannungsverläufe. Aus diesem Grunde wurde ein Versuchsaufbau mit einem Transientenrecorder zur Speicherung der Zeitverläufe aufgebaut.
Da zur Aufzeichnung der Signale drei Kanäle erforderlich sind, wurde ein Analogmultiplexer zur Kanalumschaltung geschaffen. Die Arbeiten hierzu sind noch nicht abgeschlossen, deshalb kann über Versuchsergebnisse noch nicht berichtet werden.

1.3. Berührungslose Temperaturmessung

Die Messung der Erwärmung eines Motors ist ebenfalls ein zentrales Problem der Prüfung elektrischer Maschinen. Neben der Ermittlung der Wicklungstemperaturen nach den bekannten Verfahren sind oft andere, z. B. die der Lager oder eines Kommutators, von Interesse.
Die Anwendung von Thermoelementen und anderen berührenden Meßverfahren ist immer mit einem relativ hohen gerätetechnischen Aufwand verbunden.

Bild 2. Meßjoch zur Aufnahme der Probestreifen



Doz. Dr. sc. techn. *Heinz Steinbach* war zur Zeit der Abfassung des Beitrages Mitarbeiter F/E im VEB Ingenieurbüro Elektrogeräte Karl-Marx-Stadt.

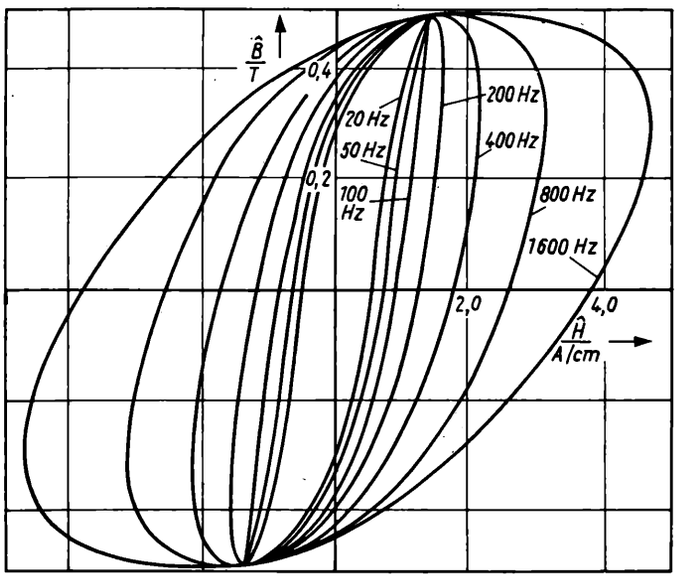


Bild 3. Ummagnetisierungskurven der Qualität BSK 55 bei verschiedenen Frequenzen

Eine Möglichkeit der Bewältigung dieser Probleme ist die Anwendung berührungsloser Meßverfahren in Form von Niedertemperaturpyrometern. Das Grundproblem ist dabei die Bestimmung des Emissionsgrades der Oberfläche, von der die Temperatur bestimmt werden soll. Dazu gibt es drei Verfahren:

- Gleichzeitig mit der berührungslosen Messung wird eine berührende Messung vorgenommen und der am Pyrometer einstellbare Emissionsgrad solange verändert, bis beide Temperaturmeßwerte übereinstimmen
- Anbringen einer Bohrung mit einem Verhältnis Durchmesser zu Tiefe $\leqq 1/3$
- Aufbringen von pigmentiertem Farbstoff auf die zu messende Oberfläche; dadurch ist der Emissionsfaktor bekannt.

Die Versuche zeigten, daß mit einem Niedertemperaturpyrometer HPN die Temperaturen der zugänglichen Teile elektrischer Maschinen mit geringem Aufwand bestimmt werden können.
Bild 4 zeigt den Durchmesser des Meßfleckes des Pyrometers auf dem Kommutator einer Motor-Gebläse-Einheit. Neben der Bestimmung der Oberflächentemperaturen können auch thermische Übergangsvorgänge ausgewertet werden [1].
Dem Vorteil des geringen gerätetechnischen Aufwandes bei der Anwendung berührungsloser Meßverfahren für Temperaturen steht der Nachteil gegenüber, daß der Emissionsgrad bestimmt werden und die zu messende Oberfläche sichtbar sein muß.

2. Meßverfahren für die Fertigungsendkontrolle

2.1. Forderungen an Meßverfahren für die Stückprüfung

Eine Analyse der technologischen Zeiten bei der Herstellung von Motorgebläseeinheiten für Bodenstaubsauger zeigt, daß etwa 4,5% der Fertigungszeit für Prüfprozesse aufgewendet werden. Außerdem werden eine Reihe von Mitarbeitern mit der Begutachtung und Klassifizierung des Enderzeugnisses beschäftigt. Die Automatisierung dieses Prozesses ergibt die Freisetzung von Arbeitskräften, die Einsparung von Arbeitszeit und eine Objektivierung der Prüfprozesse, was zur Erhöhung der Erzeugnisqualität beiträgt.
Die Konzipierung eines Prüfstandes für die Massenfertigung elektrischer Maschinen muß folgenden Forderungen genügen:

- automatische Zu- und Abführung der Motoren
- Messung aller interessierenden Größen
- Anzeige der Meßergebnisse bei Bedarf
- Anzeige des Fehlerortes
- Klassifizierung der Motoren nach Fehlerklassen
- Vermeidung der Kopplung mit einer Belastungseinrichtung
- Speicherung der Meßergebnisse und Möglichkeiten der statistischen Bewertung zur Trenderkennung.

Zur Realisierung einer automatischen Prüfung bieten sich zwei Wege an.

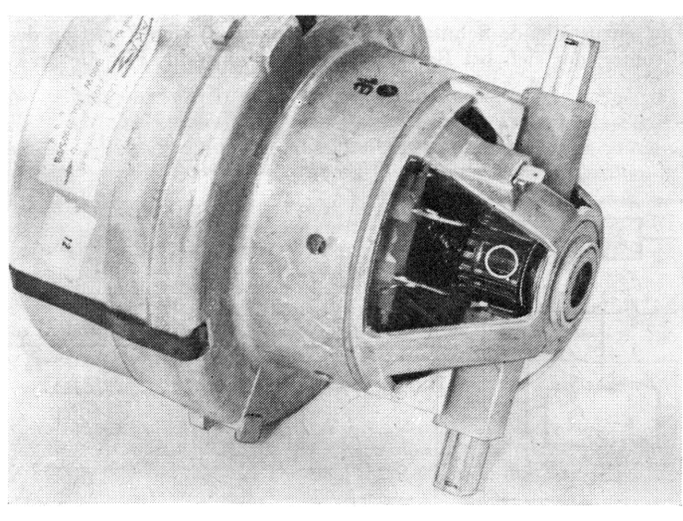
2.2. Parameterschätzverfahren und Signalanalyseverfahren

Die Anwendung von Parameterschätzverfahren auf die Prüfung elektrischer Maschinen ist in den letzten Jahren in den Mittelpunkt des Interesses gerückt [4] [5]. Ausgangspunkt ist dabei ein mathematisches Modell einer elektrischen Maschine, dessen Parameter durch systemtheoretische Verfahren bestimmt werden. Charakteristisch ist, daß sich die Parameter im Fehlerfall in wesentlich höherem Maße ändern als integrale Größen, wie Strom oder Spannung.
Zur Ermittlung der Parameter wird der zu prüfende Motor durch Testsignale angeregt.
Die Anwendung dieses Verfahrens ist an ein mathematisches Modell gebunden, das seinerseits bereits fehlerbehaftet sein kann und maschinenspezifisch aufgestellt werden muß. Aus diesem Grunde wird ein zweiter Weg beschritten, um die Prüfung elektrischer Maschinen zu rationalisieren. Durch signaltheoretische Analyse geeigneter Zeitverläufe von Motorgrößen (z. B. Strom) können Modulationsmaße abgeleitet werden, die eine Klassifikation der Prüflinge zulassen [6]. Die Durchprüfung der Signale erfolgt in den Schritten Signalverarbeitung, Merkmaldefinition und -transformation und Klassifikation. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß kein Modell mit Unsicherheiten vorausgesetzt werden muß. Der Nachteil besteht darin, daß zur Klassifikation eine Lernphase notwendig ist. Beide Verfahren haben kleine Taktzeiten, so daß sie in der Fertigung bei großen Stückzahlen angewendet werden können. Erste Untersuchungen haben ergeben, daß das Verfahren der Signalanalyse mit verfügbaren gerätetechnischen Mitteln lösbar ist.

3. Zusammenfassung

Den Meßverfahren an elektrischen Maschinen muß sowohl in der Entwicklungsphase als auch in der Fertigung große Aufmerksamkeit geschenkt werden. In der Entwicklungsphase von Motoren ist besonders die genaue Kenntnis der magnetischen Eigenschaften von Dynamoband, des Kennlinienfeldes von Versuchsmustern und eine schnell realisierbare Temperaturmessung von Bedeutung.
In der Massenfertigung von elektrischen Kleinmotoren spielt die Stückprüfung eine wesentliche Rolle zur weiteren Erhöhung der Fertigungsqualität. Die Automatisierung der Prüfprozesse erfordert Meßverfahren, die ohne Ankopplung von Belastungseinrichtungen eine Fehlererkennung und -lokalisierung ermöglichen. Dazu bieten sich Parameterschätzverfahren und Verfahren der Signalanalyse an.

Bild 4. Meßfleckdurchmesser bei der Messung der Kommutatortemperatur



Literatur

[1] *Steinbach, H.:* Zielstellungen und Methoden des Entwurfs und der Fertigung elektrischer Klein- und Kleinstmotoren für Konsumgüter. Dissertation B, TU Karl-Marx-Stadt, 1987

[2] *Murawski, E.; Steinbach, H.:* Konzipierung und Bau einer Meßeinrichtung zur Erfassung magnetischer Kennwerte an Dynamoband. Studie des VEB Ingenieurbüro Elektrogeräte Karl-Marx-Stadt, 1987

[3] *Bauer, S.:* Bestimmung der Ummagnetisierungsverluste bei stromrichtergespeisten Drehstrommaschinen. Diplomarbeit, TU Karl-Marx-Stadt 1988

[4] *Metzger, K.:* Eine Methode zur Prüfung von Kleinmotoren unter Einsatz eines Parameterschätzverfahrens. Dissertation, TU Berlin (West), 1983

[5] *Paulig, E.:* Selektivität und Aussagekraft von Parametern und Zustandsgrößen in der Prüfung elektrischer Maschinen. 11. Wissenschaftliche Konferenz der Sektion Elektrotechnik der TU Dresden, 1987

[6] *Förster, I.; Köhler, L.; Thümmler, A.:* Rechnergestützte Qualitätskontrolle der Laufeigenschaften von Getriebemotoren. messen – steuern – regeln 29 (1986) 9, S. 389–393

EA 5926

Meßverfahren zur direkten Ermittlung der Wicklungsübertemperatur bei kleinen Asynchronmotoren

R. Böttcher, Grünhain

Mitteilung aus dem VEB Elektromotorenwerk Grünhain

Verwendete Formelzeichen

U_c	Kondensatorspannung
I_c	Kondensatorstrom
X_c	kapazitiver Blindwiderstand
C	Kapazität
ω	Kreisfrequenz
$\bar{I}_M$	Meßgleichstrom
$\tilde{I}_B$	Betriebswechselstrom

Zur Ermittlung der Übertemperatur von Wicklungen in elektrischen Maschinen und Geräten ist ein relativ großer Zeitaufwand erforderlich. Die bisher üblichen Verfahren (Präzisionsmeßbrücke, Strom- und Spannungsmessung mit regelbarer Spannungsquelle, Konstantstromeinspeisung und die Ermittlung des Spannungsabfalls mit Analog- bzw. Digitalvoltmeter usw.) sind mit einem großen Fehler behaftet. Zur Ermittlung der Übertemperatur im Abschaltaugenblick ist stets eine Abkühlungskurve aufzunehmen und die Auswertung durch Extrapolation vorzunehmen.

Weiterhin werden für Probleme der Antriebstechnik Erwärmungszeitkonstanten benötigt, wozu die Funktion $\Theta = f(t)$ aufzuzeichnen ist. Das gilt auch für alle Betriebsarten, die vom Dauerbetrieb abweichen. Die bei der experimentellen Ermittlung solcher Erwärmungsläufe auftretenden Schwierigkeiten und Fehler, besonders bei kleinen Maschinen und Geräten mit einem großen Abkühlungsgradienten, sind hinreichend bekannt.

Speziell bei Maschinen und Geräten für die Anwendung im Haushalt ist auch die Übertemperatur im unsachgemäßen Betrieb nachzuweisen. Die Messung nach relativ kurzen Zeiten, großen Temperaturänderungen und die oft sehr schwer zugänglichen Meßklemmen bei Serienerzeugnissen erfordern Meßverfahren, mit deren Hilfe die Übertemperaturen als Funktion der Zeit aufgezeichnet werden können.

In diesem Beitrag wird ein Verfahren vorgestellt, mit dessen Hilfe die Widerstandsänderung als Funktion der Prüfzeit aufgezeichnet werden kann. Es besteht die Möglichkeit, die Widerstandsänderung einiger Widerstände gleichzeitig aufzuzeichnen. Durch eine sinnvolle Wahl des Maßstabes läßt sich die Wicklungsübertemperatur direkt dem Diagramm entnehmen. Benötigte Zeitkonstanten lassen sich aus dem Funktionsverlauf ermitteln, ebenso die Prüfzeit. Dieses Verfahren wird für Drehstrom- und Einphasensynchronmotoren mit einer Leistung bis 2,2 kW angewendet.

Dipl.-Ing. *Rolf Böttcher* ist Prüffeldleiter im VEB Elektromotorenwerk Grünhain.

1. Aufbau des Meßgerätes

1.1. Prinzipaufbau

Dem eingespeisten Wechselstrom wird ein Meßgleichstrom überlagert. Die beim Betrieb des Motors auftretende Wicklungserwärmung zeigt sich als eine Vergrößerung des Wicklungswiderstandes, der zu einer proportionalen Zunahme des Gleichspannungsabfalls führt. Durch eine Nullpunktunterdrückung am Registriergerät und einer geeigneten Eichung kann die Übertemperatur der Wicklung als Funktion der Zeit dargestellt werden. Besondere Probleme treten bei der Abblockung der Konstantstromgeräte von der Netzwechselspannung und bei der Siebung des Ausgangssignals auf. Der Prinzipaufbau ist im Bild 1 zu sehen. Die Einspeisung erfolgt über einen Drehstromregeltransformator mit galvanisch getrennten Wicklungen. Als Belastungsaggregat wird, je nach Nennleistung des Prüflings bzw. nach der Prüfaufgabe, ein Pendelgenerator, eine Wirbelstrombremse oder auch ein Gleichstromstellmotor eingesetzt. Das Steuerteil ist eine Umschalteinrichtung zum Abfragen der einzelnen Meßstellen. Als Siebschaltung wird eine *RLC*-Kette eingebaut, um den Wechselspannungsanteil im Ausgangssignal vom Registriergerät fernzuhalten. Das Aufzeichnen der Übertemperatur als Funktion der Zeit wird mit einem Koordinatenschreiber vorgenommen. Die Widerstände zur Eichung dienen der Nachbildung des Wicklungswiderstandes und zur Festlegung eines geeigneten Maßstabes. Regeleinrichtungen am Speisetransformator und am Belastungsaggregat sorgen für stabile Verhältnisse im Betrieb des Prüflings.

1.2. Trennung von Wechsel- und Gleichstrom

Durch die Überlagerung des Meßgleichstromes entstehen Probleme. Es ist zu sichern, daß der Gleichstrom nur im Prüfkreis fließt und gegen das vorgeschaltete Netz abgeblockt wird. Das ist mit dem eingesetzten Trenntransformator realisierbar. Weiterhin ist zu sichern, daß kein zu hohes Wechselspannungspotential an die Konstantstromgeräte (Gleichspannungsquelle) gelangt. Die Art des Schutzes der Gleichspannungsquelle ist von den verschiedenen Gleichstromeinspeisungen (Bild 2), z.B. Serieneinspeisung für die Messung der Drehstrom- und Hauptphasenwicklung, Paralleleinspeisung für die gleichzeitige Messung der Hilfsphasenwicklung, abhängig.

Bei der oft gebrauchten Serieneinspeisung erfolgt die Schutzbeschaltung mit einer Kondensatorbatterie, die in Stufen von je 10000 µF, 16 V bis zu 120000 µF einstellbar ist. Diese Kapazitätswerte sind erforderlich, damit die Zeitkonstante nicht zu groß wird und zwischen Wicklungswiderstand und Kapazität eine Anpassung erreicht werden kann. Weiterhin darf bei Elektrolytkondensatoren der Wechselspannungsabfall nur relativ klein sein. Die benötigte Kapazität ermittelt sich aus dem zugelassenen Spannungsabfall und dem Betriebswechselstrom. Es gilt:

$$U_c = I_c X_c, \tag{1}$$

$$X_c = 1/\omega C. \tag{2}$$

Aus (1) und (2) ergibt sich dann:

$$C = I_c/U_c\,\omega. \tag{3}$$

Läßt man einen vertretbaren Spannungsabfall von 0,5 V über dem Schutzkondensator zu, dann benötigt man rund 6400 µF je 1 A Betriebsstrom.

Die einzustellende Schutzkapazität ist nach (3) eine Funktion des Stromes, der sich bei Betrieb des Motors einstellt. Für die prak-

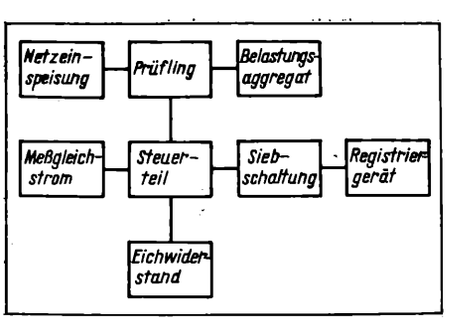


Bild 1. Prinzipaufbau der Meßanordnung für die Aufzeichnung von Erwärmungsvorgängen

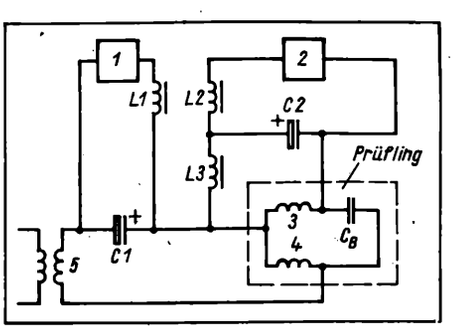
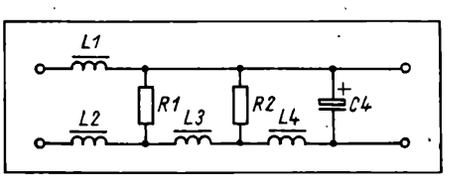


Bild 2. Schaltung für die Gleichstromüberlagerung bei einem Einphasenasynchronmotor mit Betriebskondensator
$L_1 \cdots L_3$ Begrenzungsdrosseln; C_1, C_2 Schutzkondensator, C_B Betriebskondensator

Bild 3. Siebschaltung für das Ausgangssignal
$L_1 \cdots L_4$ Siebdrosseln; R_1, R_2 Querwiderstände; C_4 Abschlußkapazität



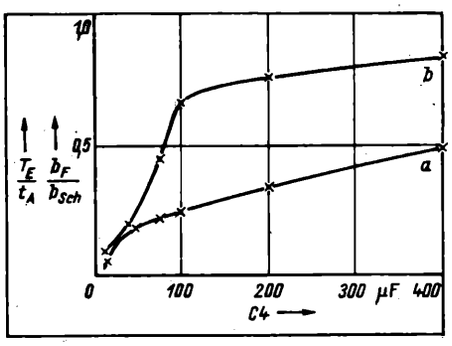
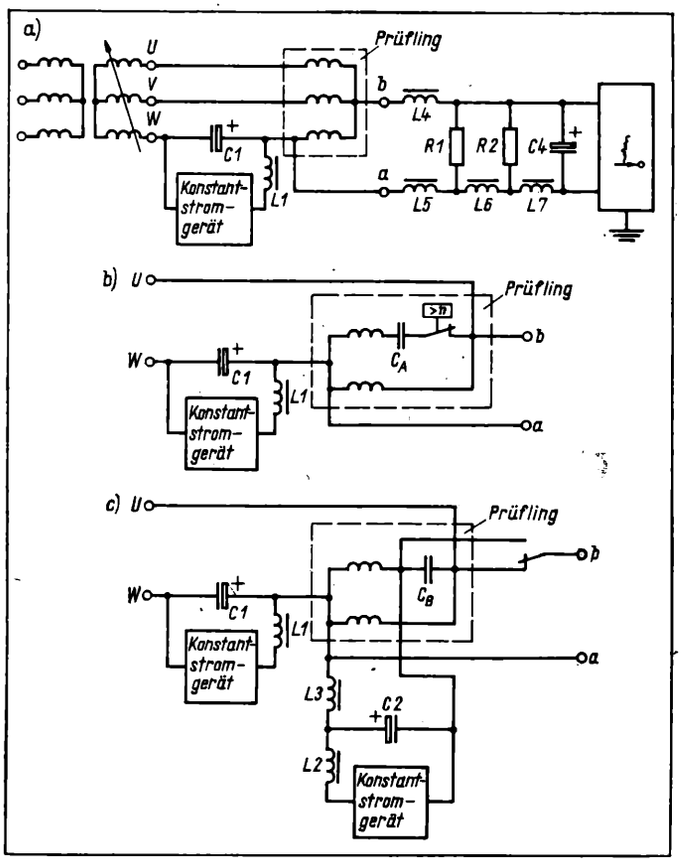
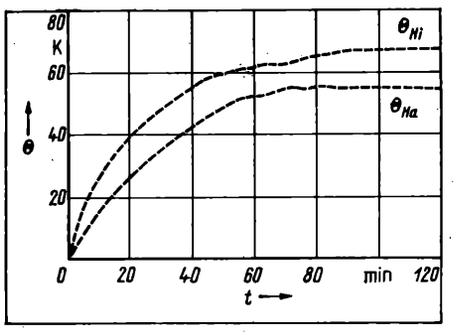


Bild 4. Experimentelle Ermittlung des Siebkondensators
a) Strichdicke der Schreibfeder (b_F)/Schreibbreite (b_{Schr}) = $f(C_4)$; b) Einschwingdauer (t_E)/Abtastzeit (t_A) = $f(C_4)$

Bild 5
a) Drehstromasynchronmotor in Y-Schaltung
b) Einphasenasynchronmotor mit Anlaßkondensator
c) Einphasenasynchronmotor mit Betriebskondensator



BHd 6. Übertemperatur $\Theta = f(t)$ für einen Motor mit Betriebskondensator 1,5 kW, 220 V, 50 µF



tische Prüfung ist es deshalb möglich, die einzuschaltende Kapazität in Abhängigkeit vom Betriebsstrom des Motors in Tabellenform vorzugeben.
Beim Hochlaufvorgang des Motors ist besonders darauf zu achten, daß durch den Einschaltstrom keine Überlastung der Schutzkondensatoren auftritt.
Bei der gleichzeitigen Messung der Hilfs- und Hauptwicklung des Einphasenasynchronmotors ist die verwendete Paralleleinspeisung sowohl gegen die Serieneinspeisung als auch gegen das Netz durch einen Kondensator abzublocken (Bild 2). Bei Motoren mit Betriebs- und Anlaßkondensator erfolgt das durch die zur Motorfunktion benötigten Bauelemente. Bei Motoren mit Widerstandshilfswicklung ist ein geeigneter Hilfskondensator beim Anlassen einzuschalten, da die Hilfswicklung nach dem Hochlauf abgeschaltet wird. Es ist auch denkbar, daß der Prüfling durch die Bremseinrichtung (z. B. Gleichstromstellmotor) auf Nenndrehzahl gebracht wird.
Der Schutz des Konstantstromgerätes gegen ein zu hohes Wechselspannungspotential bei der Paralleleinspeisung wird durch einen Spannungsteiler, bestehend aus C und L, erreicht. Die Auswahl des Kondensators erfolgt nach ähnlichen Gesichtspunkten wie bereits oben beschrieben.

1.3. Siebschaltung für das Ausgangssignal

Als Siebschaltung (Bild 3) wird eine RL-Kette, die mit einem Kondensator abgeschlossen wird, verwendet. Es ergaben sich mit dieser Anordnung sehr gute Ergebnisse für die Weiterverarbeitung des Ausgangssignals. Da das am Registriergerät anstehende Signal durch die Querwiderstände beeinflußt wird, muß gefordert werden, daß der Ersatzwiderstand des gesamten Zweiges sehr viel größer als der Wicklungswiderstand ist. Diese Forderung wurde durch geeignete Dimensionierung berücksichtigt. Der Kondensator am Ausgang der Siebkette hat die Aufgabe, den verbleibenden Wechselspannungsanteil vom Registriergerät fernzuhalten.
Er wurde nach zwei Kriterien ausgewählt:

— Verhältnis der Einschwingdauer des Ausgangssignals zur Abtastzeit des Meßwertes sehr viel kleiner als 1
— Verhältnis Strichstärke der Schreibfeder zur Schreibbreite rund 1.

Im Bild 4 sind die Kriterien als Funktion der Kapazität des Siebkondensators dargestellt. Damit ist die Auswahl des Kondensators möglich.

1.4. Schaltungen für die Messung

Im Bild 5 sind die Schaltungen zur Messung der Widerstandsdifferenzen dargestellt. Bei Drehstrommotoren wird wegen der Symmetrie der Wicklungen nur ein Strang gemessen. Es ist durch geeignete Steuerung möglich, alle drei Stränge nacheinander abzufragen. Bei Einphasenasynchronmotoren mit abgeschalteter Hilfswicklung wird häufig nur die Widerstandsdifferenz der Arbeitswicklung gemessen, da die Hilfswicklung, außer beim Hochlauf, nur indirekt erwärmt wird. Soll die Widerstandsänderung der Hilfswicklung mit bestimmt werden, so erfolgt das wie bei Motoren mit Betriebshilfswicklung.
Die Schaltung für Motoren mit ohmscher Hilfswicklung ist der mit Anlaßkondensator gleich, wobei die Bemerkungen im Abschn. 1.2. zu beachten sind.
Aus den Bildern 5a) bis 5c) ist zu erkennen, daß an Stelle eines Elektromotors alle anderen Wechselspannungsgeräte eingeschaltet werden können, sofern die Übertemperatur der Wicklung zu ermitteln ist.

2. Fehlerbetrachtung

Der Meßgleichstrom ruft zusätzlich zum Betriebswechselstrom eine Erwärmung der Wicklung hervor. In der Wicklung fließt ein Mischstrom, für den folgende Bedingung erfüllt sein muß:

Meßgleichstrom $I_m \ll$ Betriebswechselstrom $\tilde{I}_B$.

Aus einer Verlustbetrachtung, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, ergibt sich für die praktische Anwendung ein Meßgleichstrom, der rund 5% vom Nennstrom beträgt. Damit tritt ein Fehler von $< 0{,}25\%$ bei Wärmebeständigkeitsklasse B auf. Die Eichung beruht auf einem Widerstandsvergleich. Dieser Vergleich wird durch festgelegte Widerstandswerte (technische Dekaden der Klasse 0,2) mit den Widerständen der Wicklungen durchgeführt. Auf eine Fehlerrechnung soll auch hier nicht näher eingegangen werden.
Der zu messende Gleichspannungsabfall über der Wicklung wird über die Siebschaltung zum Schreiber geführt. Damit wird die Änderung des Widerstandes der Parallelschaltung (Wicklungswiderstand Siebkettenwiderstand) aufgezeichnet. Da sich der Wicklungswiderstand und auch die Eichwiderstände ändern, der Widerstand der Siebschaltung aber hinreichend konstant bleibt,

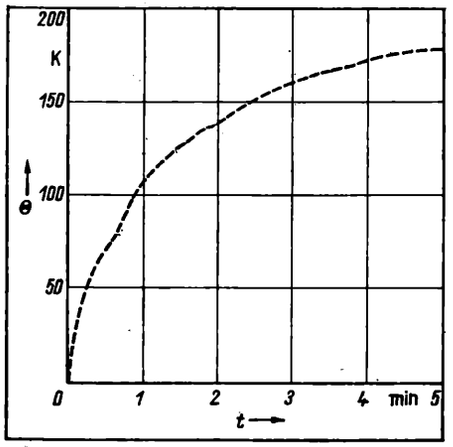


Bild 7
Übertemperatur $\Theta = f(t)$ für einen Wäscheschleudermotor bei festgebremster Schleudertrommel

kommt es zu einer Verzerrung des Maßstabes zwischen dem Eichpunkt und einem Betriebspunkt.
Dieser Verzerrungsfehler ist berechenbar. Unter Berücksichtigung der Dimensionierung der Siebkette ergibt sich der gesamte Eichfehler, bestehend aus Eichungs- und Verzerrungsanteil, zu $F < 1\,\%$.
Zu Beginn des Erwärmungsvorgangs ist die zeitliche Temperaturänderung relativ groß. In diesem Bereich tritt durch das Übertragungsverhalten der Siebschaltung eine weitere Verzerrung auf. Es ist die Forderung zu erfüllen, daß die Zeitkonstante der Siebschaltung vernachlässigbar gegenüber der Erwärmungszeitkonstante ist. Experimentelle Untersuchungen und die zwischenzeitlich vorliegenden praktischen Erfahrungen haben ergeben, daß bei der Auswahl des Kondensators entsprechend Bild 4 diese Forderung erfüllt wird und die geschriebene Kurve praktisch verzerrungsfrei ist.

3. Zusammenfassung

Das vorgestellte Verfahren liefert für die praktische Messung der Widerstandsdifferenz zur Ermittlung der Übertemperatur von Motorwicklungen hinreichend genaue Ergebnisse. Die in den Bildern 6 und 7 aufgezeichneten Diagramme für 2 verschiedene Anwendungsfälle sind für die Beobachtung und Auswertung des Erwärmungslaufs eine große Hilfe, wobei die Prüfzeit wesentlich verkürzt werden kann. Es ergeben sich damit Vorteile gegenüber bisher verwendeten Meßverfahren.
Dieses Verfahren zur Überlagerung eines Meßgleichstroms zur Ermittlung der Wicklungsübertemperatur ist zwar bekannt, wobei die Messung mit einer Spezialbrücke für kontinuierlichen manuellen Abgleich ohne graphische Darstellung vorgenommen werden kann. Es ist aber speziell bei kurzen Meßzeiten und großen Widerstandsänderungen nicht praktikabel und mit großen Fehlern behaftet.
Das für Elektromotoren beschriebene Verfahren läßt sich, bei entsprechender Dimensionierung, auf alle ähnlichen Anwendungsfälle, wie Transformatoren, Spulen u. a. übertragen. Es eignet sich weiterhin besonders gut für kurzzeitig ablaufende Erwärmungsvorgänge und für alle denkbaren Betriebsarten.

EA 5936

Internationales Messesymposium

Das wissenschaftliche Veranstaltungsprogramm der Leipziger Herbstmesse 1988 wird vom Internationalen Messesymposium „Messen und Prüfen in der chemischen Industrie" geprägt. Es findet am 8. und 9. September 1988 im Universitätshochhaus der Karl-Marx-Universität Leipzig statt. Veranstalter ist die Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT in engem Zusammenwirken mit den Kombinaten VEB Kombinat Carl Zeiss JENA, VEB Kombinat Robotron, VEB Kombinat Elektroapparate-Werke „Friedrich Ebert", VEB Kombinat Automatisierungsanlagen, VEB Kombinat Medizin- und Labortechnik und Industriekombinaten der chemischen Industrie.
Es stehen Fragen der Prozeßautomatisierung, des Einsatzes von Sensoren und Sensorsystemen, der Flüssigkeits- und Gasanalyse, der pH-Wert-Messung sowie der Spektralanalyse im Mittelpunkt dieser Veranstaltung.

K.-D. Müller
Sekretär der WGMA

Zur Identifikation der Modellparameter elektrischer Maschinen mit stochastischer Optimierung

Teil 3: Bestimmung der Ersatzschaltbildparameter von Asynchronmaschinen aus Katalogangaben

V. Diedrichs, Rostock

Verwendete Formelzeichen und Indizes

a	Verlustleistungsverhältnis $P_{V\,\text{leer}\,N}\,P_{V\,\text{Last}\,N}$
B	Bereich des R^n
f	Frequenz
h	Stabhöhe
I	Strom
j	imaginäre Einheit
k	Reduktionsfaktor
M	Drehmoment
m	Strangzahl
n	Drehzahl/Anzahl der Modellparameter
P	Leistung
p	Polpaarzahl/Modellparameter
R^n	n-dimensionaler euklidischer Raum
R	Widerstand
s	Schlupf
U	Spannung
$\ddot{u}$	reelles Übersetzungsverhältnis
w	Wichtungsfaktoren
X	Reaktenz
x, X	Betriebskenngrößen
λ	Anzahl der Nachkommen je Generation
Δ	Gütefunktion
η	Wirkungsgrad
φ	Phasenwinkel
ω	Kreisfrequenz
A	Anlaufwert
h	Hauptfeld
K	Kippwert
N	Nennwert
v	Verlust
γ	Anzahl der Betriebskenngrößen
σ	Streufeld
ν	Laufvariable für die Modellparameter
0	synchroner Wert/Bezugswert
1	Ständer
2	Läufer
—	komplexer Zeiger
'	auf den Ständer bezogene Läufergröße

1. Problem und Zielstellung

In [1] und [2] wurden der Grundalgorithmus sowie theoretische Gesichtspunkte der Gestaltung eines wahrscheinlichkeitsorientierten Suchverfahrens für die Identifikation der Modellparameter elektrischer Maschinen bei variablem und begrenztem Primärinformationsangebot dargestellt. Teil 3 ist der Anwendung dieser Methode am Beispiel der Bestimmung der Ersatzschaltbild- sowie weiterer Parameter von Asynchronmaschinen aus Katalogangaben der Hersteller als auch der Verifikation der Methode selbst gewidmet.
Angebotskataloge [3] [4] enthalten u. a. folgende Betriebskennwerte für Asynchronmaschinen mit

— Einfachkäfigläufer: $U_N, f_N, P_N, n_0, n_N, \eta_N, \cos\varphi_N, I_N, I_A/I_N, M_A/M_N, M_K/M_N$
— Schleifringläufer: $U_N, f_N, P_N, n_0, n_N, \cos\varphi_N, I_N, I_{2N}, R_2, U_{20}, M_K/M_N$.

Dr. sc. techn. *Volker Diedrichs* ist Dozent an der Ingenieurhochschule für Seefahrt Warnemünde/Wustrow, Sektion Schiffsbetriebstechnik, Wissenschaftsbereich Schiffselektrotechnik.

Bestimmt durch diese letztlich experimentell gewonnenen Kennwerte können im Sinne des Grundgedankens der Methode [1] folgende Größen für den Vektor des Originals X_γ zur Quantifizierung der Gütefunktion

$$\Delta = \sum_\gamma w_\gamma \left[\frac{|X_\gamma - x_\gamma|}{X_\gamma}\right]^j \rightarrow \text{Min!} \tag{1}$$

Verwendung finden:

— Einfachkäfigläufermaschinen: $M_N, M_A/M_N, M_K/M_N, \eta_N, I_N, I_A/I_N, \cos\varphi_N$

— Schleifringläufermaschinen: $M_N, M_K/M_N, \eta_N, I_N, I_{2N}', \cos\varphi_N, R_2'$ (mit $\ddot{u} \approx U_N/U_{20}$)

Der Vektor x_γ im Rahmen von (1) wird in Abhängigkeit vom gewählten Maschinenmodell und den darin enthaltenen Parametern $p_\gamma, \gamma = 1, \ldots, n$ bestimmt.

Entsprechend dem Grundgedanken der Identifikationsmethode müssen die durch Optimierung bestimmten Parameter als Kompromiß verstanden werden. Damit wird die konkrete Maschine nicht durch die, sondern durch eine Parameterkombination charakterisiert, die optimal im Sinne des Modellansatzes, des Umfangs und der Genauigkeit der zur Verfügung stehenden Originalkennwerte sowie der Gestaltung der Gütefunktion ist. Da die Verfahrensbasis wahrscheinlichkeitstheoretischer Natur und die Generationenanzahlen praktisch begrenzt sind, folgt als Konsequenz, daß die bestimmten Parametervektoren suboptimalen Charakters sind. Ausgehend davon besteht das Verifikationsproblem in der Prüfung der Auswirkungen der Verfahrensgestaltungsmöglichkeiten sowie der Modell- und Originalunschärfe auf die Genauigkeit der Methode sowie die Charakteristik des suboptimalen Parametervektors.

Werden die Betriebskenngrößen des Originals mit dem Maschinenmodell selbst berechnet, dann folgt Identität von Original- und Modellverhalten (theoretisch begründete Ausgrenzung von Modell- und Originalunschärfe) und für (1) die Existenz von $\Delta_{min} \equiv 0$. Aus diesem Ansatz folgt die Möglichkeit der Kritikfähigkeit gegenüber dem Algorithmus und damit die Bewertung einer Komponente der Effizienz des Parameteridentifikationsverfahrens.

Eine experimentelle Betriebskenngrößenmessung zur Gewinnung der X_j des Originals kann die Originalunschärfe gegenüber Katalogangaben wesentlich eingrenzen. Auf dieser Grundlage kann die Wirksamkeit des Identifikationsverfahrens in Abhängigkeit vor allem von der Verfahrensgestaltung (Wahl der Startvektoren, Abbruchkriterien, Fortschrittsbeiwerte) einer applikationsfallorientierten Prüfung unterzogen werden.

Die Berechnung der Parametervektoren am Beispiel von durch Katalogangaben charakterisierte Asynchronmaschinen ermöglicht in einer dritten Verifikationsebene die Einschätzung des Einflusses der Originalunschärfe bei der vorgeschlagenen Methode zur Parameteridentifikation elektrischer Maschinen.

2. Modell für Schleifringläufermaschinen

Ein übliches Modell für Asynchronmaschinen mit Schleifringläufer [5] [9] zur Berechnung der Betriebskennwerte — Ständer- und Läuferstrom, Drehmoment, Leistungsfaktor und Wirkungsgrad — ist in Form der Gln. (2) bis (6) gegeben:

$$k\,\underline{U}_1 = j\,X_h(\underline{I}_1 + \underline{I}_2'), \tag{2}$$

$$0 = (R_1 + R_2'/s + j\,X_\sigma)\,\underline{I}_2' + j\,X_h(\underline{I}_1 + \underline{I}_2'), \tag{3}$$

$$M = mp/\omega_1\,(k\,U_1)^2\,R_2'/(s((R_1 + R_2'/s)^2 + X_\sigma^2)), \tag{4}$$

$$P_{V\,Last} = m\,R_1\,I_1^2 + m\,R_2'\,I_2'^2, \tag{5}$$

$$P_{V\,leer\,N} = a\,P_{V\,Last\,N}. \tag{6}$$

Daraus folgt für die Berechnung der Modellkennwerte x_γ:

$$I_{1N} = \frac{kU_1}{X_h}\sqrt{\frac{(R_1 + R_2'/s_N)^2 + (X_h + X_\sigma)^2}{(R_1 + R_2'/s_N)^2 + X_\sigma^2}}, \tag{7}$$

$$\cos\varphi_N = \cos\left[\arctan\left(\frac{X_h + X_\sigma}{R_1 + R_2'/s_N}\right) - \arctan\left(\frac{X_\sigma}{R_1 + R_2'/s_N}\right) - \frac{\pi}{2}\right], \tag{8}$$

$$M_N = \frac{mp}{\omega_1}(kU_1)^2\,\frac{R_2'/s_N}{(R_1 + R_2'/s_N)^2 + X_\sigma^2}, \tag{9}$$

$$M_k = \frac{mp}{\omega_1}(kU_1)^2\,\frac{1/2}{R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_\sigma^2}}, \tag{10}$$

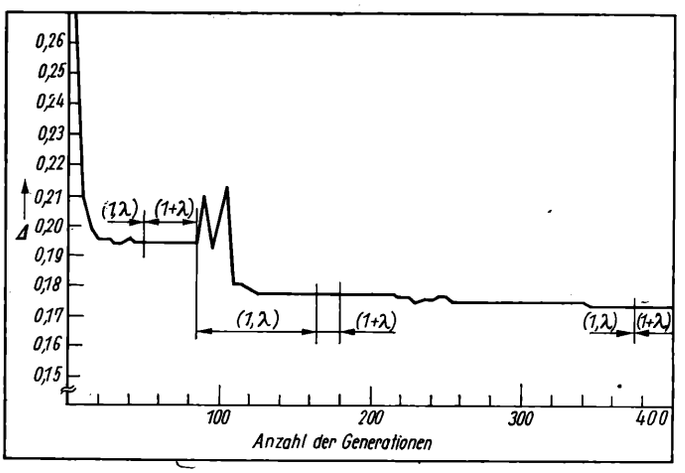


Bild 1. Quantitative Entwicklung des Betrages der Zielfunktion während des Suchens (Ausschnitt)
(1, λ) Suche nach der (1, λ)-Strategie
(1 + λ) Globalitätsprüfung mit der (1 + λ)-Strategie

$$I_{2N}' = \frac{kU_1}{\sqrt{(R_1 + R_2'/s_N)^2 + X_\sigma^2}}, \tag{11}$$

$$\eta_N = \frac{1}{1 + \dfrac{(1+a)\,(mR_1\,I_{1N}^2 + mR_2'\,I_{2N}'^2)}{2\pi\,n_N\,M_N}}. \tag{12}$$

3. Modell für Einfachkäfigläufermaschinen

Größere radiale Leiterabmessungen führen bekanntermaßen zu Veränderungen der wirksamen Läuferparameter infolge Stromverdrängungseffekten. Da die Einflußgrößen auf das quantitative Maß dieser Veränderungen vielgestaltig sein können [6], wird im folgenden von dem Beispiel eines Kupferhochstabläufers mit Nut = Stabbreite sowie $R_{20}' = R_1$ und $X_{2\sigma 0}' = X_{1\sigma}$ für die Modellbildung ausgegangen.

Werden die Läuferparameter auf der Grundlage der Fieldschen Stromverdrängungsbeschreibung mit (13) bis (15) schlupfabhängig korrigiert, beschreiben (2) bis (6) das Modellverhalten.

$$\beta = h\sqrt{s}, \tag{13}$$

$$R_2' = R_1\,\beta\,\frac{\sin h\,(2\beta) + \sin(2\beta)}{\cos h\,(2\beta) - \cos(2\beta)}, \tag{14}$$

$$X_\sigma = X_{\sigma 1}\left[1 + \frac{3}{2\beta}\,\frac{\sin h\,(2\beta) - \sin(2\beta)}{\cos h\,(2\beta) - \cos(2\beta)}\right]. \tag{15}$$

Für die Berechnung der Modellkennwerte x_γ folgt dann:

$$I_1 = \frac{kU_1}{X_h}\sqrt{\frac{(R_1 + R_2'/s)^2 + (X_h + X_\sigma)^2}{(R_1 + R_2'/s)^2 + X_\sigma^2}}, \tag{16}$$

$$I_2' = \frac{kU_1}{\sqrt{(R_1 + R_2'/s)^2 + X_\sigma^2}}, \tag{17}$$

$$M = \frac{mp}{\omega_1}(kU_1)^2\,\frac{R_2'/s}{(R_1 + R_2'/s)^2 + X_\sigma^2}, \tag{18}$$

$$\cos\varphi_N = \cos\left[\arctan\left(\frac{X_h + X_\sigma}{R_1 + R_2'/s_N}\right) - \arctan\left(\frac{X_\sigma}{R_1 + R_2'/s_N}\right) - \frac{\pi}{2}\right], \tag{19}$$

$$\eta_N = \frac{1}{1 + \dfrac{(1+a)\,(mR_1\,I_{1N}^2 + mR_2'\,I_{2N}'^2)}{2\pi\,n_N\,M_N}}. \tag{20}$$

4. Existenzbedingungen für Extrema der modellbedingten Gütefunktion

Aus dem Satz von *Weierstrass* [7] folgt als Existenzbedingung für das Optimierungsziel in $B \in R^n$ nach Gl. (1): $\Delta(p_\gamma)$ sei stetig in $B \in R^n$.

Für die beispielhaft zugrunde gelegten Maschinenmodelle wird der Parametervektor $p_\gamma, \gamma = 1, \ldots, n$ gebildet durch

— $R_1, R_2', X_{1\sigma} = X_{2\sigma}', X_h, a$ bei Schleifringläufermaschinen bzw.

— $R_1 = R_{20}', X_1 = X_{2\sigma 0}', X_h, h, a$ bei Einfachkäfigläufermaschinen.

Die Prüfung der Stetigkeit der Modelle in Form von (7) bis (12) und (14) bis (20) im R^n liefert als Existenzbedingungen für das Optimierungsziel

$p_\nu > 0, \nu = 1, \ldots, n.$

Daraus folgt, daß für den technisch sinnvollen Bereich $B \in R^n$ von der Existenz des Optimierungsziels für die ausgewählten Maschinenmodelle ausgegangen werden kann.

5. Ergebnisse der theoretischen Verifikation

Die Erzeugung der Originalkennwerte X_γ erfolgte auf der Grundlage eines vorgegebenen Parametervektors $p_{\gamma 0}, \gamma = 1, \ldots, n$ mit dem Modell der Kurzschlußläufermaschine in Form von (13) bis (20). Die Existenz von $\Delta \equiv 0$ ist damit gesichert. Für die Startwerte des Algorithmus wurden Parameterorientierungswerte nach [8] und [9] gemäß [1] für die Gestaltung der $(1, \lambda)$-Strategie verwendet. Die Parameter für die Suchverteilungen im Rahmen der $(1 + \lambda)$-Strategie zur Globalitätsprüfung nach [2] wurden in Abhängigkeit der Toleranzbandbreite o.g. Orientierungswerte festgelegt.

Der Ablauf des Suchverfahrens wird durch die quantitative Entwicklung des Betrages der Gütefunktion und der Mutationsschrittweiten charakterisiert. In den Bildern 1 und 2 wurden beispielhaft Ausschnitte dargestellt. Die Sicherung der Konvergenz des numerischen Verfahrens konnte in allen Fällen durch Reduzierung der Anfangsmutationsschrittweite bzw. Erhöhung der Nachkommenanzahl je Generation erreicht werden. Bemerkenswert ist der Einfluß der Konstruktion der Gütefunktion (z.B. lineare oder quadratische Fehlerbewertung) auf das Konvergenzverhalten.

Die Ergebnisse von Testrechnungen zur theoretischen Überprüfung des Identifikationsverfahrens, d.h. zur Suche von $\Delta(p_{\gamma 0}) \equiv 0$, wurden in der Tafel 1 zusammengestellt und ermöglichen folgende Schlußfolgerungen:

1. Der Algorithmus ermöglichte das Finden suboptimaler Parameter-Kombinationen $p_\gamma^*, \nu = 1, \ldots, n$, für die durchschnittliche Abweichungen von z.T. kleiner 2% je Vergleichskriterium feststellbar waren.
   Damit kann der Einsatz von Optimierungsansätzen, im konkreten Fall der Evolutionsstrategie, als grundsätzlich geeignet zur Identifikation der Modellparameter elektrischer Maschinen betrachtet werden.
2. Die zu minimierende Zielfunktion weist erwartungsgemäß lokale Extrema auf. Damit existiert das Problem der Globalitätsprüfung. Trotz partiell erreichbarer Verbesserungen im Rahmen der $(1 + \lambda)$-Strategie (Bild 1) konnte das ansatzgemäß existierende globale Minimum $\Delta \equiv 0$ nicht gefunden werden. (Das Verhältnis des Rechenzeitaufwandes betrug dabei: $(1 + \lambda)$-Strategie/$(1, \lambda)$-Strategie $= 0{,}9 \cdots 2{,}9$).
   Die explizite Berechnung der Globalitätswahrscheinlichkeit nach [2] zeigte, daß bei der o.g. Art und Weise der Bestimmung der Verteilungsparameter die Wahrscheinlichkeit für das Finden des Punktes $p_{\gamma 0}$ praktisch Null betrug (Bild 3). Daraus folgt, daß sich das in [2] abgeleitete Erfordernis der Begründung der Parameter der Suchverteilungen aus dem technischen Aufgabenhintergrund bestätigte und offenbar nicht hinreichend auf dem o.g. einfachen Weg der ausschließlichen Nutzung der Toleranzbandbreite publizierter Orientierungswerte lösbar ist.

6. Verifikationsergebnisse auf der Grundlage experimentell bestimmter katalogrelevanter Betriebskennwerte am Beispiel der Maschinentypen SR 112.3/6 und AO 100 L-D 4

Nach der experimentellen Bestimmung der Katalogkennwerte X_γ der beispielhaft betrachteten 2,2-kW-Schleifringläufermaschine vom Typ SR 112.3/6 sowie der 3-kW-Einfachkäfigläufermaschine vom Typ AO 100 L-D 4 lieferte die Anwendung des Identifikationsalgorithmus auf diese Maschinen folgende Ergebnisse (Bilder 4 und 5): Bezüglich der Abweichungen zwischen Original- und Modellkennwerten wurde $\Delta_{\text{suboptimal}} = 15 \cdots 40\%$ $(\gamma = 7)$ festgestellt.

Die Verfahrensgestaltung in Form variierter Startvektoren und Abbruchkriterien (Rechnungen a bis i) führte ebenso wie eine veränderte Bewertung der relativen Fehler $(X_\gamma - x_\gamma)/X_\gamma$ mit dem Exponenten j gemäß (1) weniger zu einer deutlichen Qualitätsänderung der Suboptima (Kriterium: Δ nach Bild 4) als vielmehr zu einer Veränderung der Lage der jeweiligen Parameterkombination im R^n.

Die Verwendung unterschiedlicher Wichtungsfaktoren $w_\gamma (\sum_\gamma w_\gamma = 1)$ gemäß (1) zur Berücksichtigung verwendeter Meßinstrumente unterschiedlicher Fehlerklasse (Rechnung k) führte nicht zur Verbesserung des Suboptimums, im konkreten Fall zur Parameterentartung.

Während eine geringfügige Modellkorrektur in Form von $k U_1 = U_N$ (Rechnung 1) zu keinem wesentlichen Effekt führte, konnte eine qualitative Korrektur des Modells in Form der Anwendung des Kurzschlußläufermaschinenmodells auf die Schleifringläufermaschine SR 112.3/6 (Rechnung m) zu einer etwa 10prozentigen Optimumverbesserung ($\Delta_{\text{suboptimal}} = 15\%$) beitragen.

Tafel 1. Ergebnisse von Testrechnungen zur Suche des vorgegebenen Parametervektors $p_{\nu 0}, \nu = 1, \ldots, n'$ für den ansatzgemäß $\Delta p_{\nu 0} \equiv 0$ gilt

Nr. der Rechnung			1	2	3	4	5
Δ [%]			14,9	12,5	36,3	15,8	8,8
Anzahl der Vergleichskennwerte ν 7			7	7	7	7	7
Mittlere Abweichung je Kennwert [%]			2,1	1,8	5,2	2,2	1,3
Abstand zwischen $p_{\nu 0}$ und p_ν^*	$\lvert R_{1\sigma} - R_1^* \rvert$	Ω	0,026	0,015	0,001	0,026	0,008
	$\lvert X_{1\sigma 0} - X_{1\sigma}^* \rvert$	Ω	0,164	0,033	0,017	0,164	0,001
	$\lvert X_{h0} - X_h^* \rvert$	Ω	1,271	2,385	9,106	1,682	0,680
	$\lvert h_\sigma - h^* \rvert$	cm	8,535	4,568	0,364	8,617	2,617
	$\lvert a_\sigma - a^* \rvert$	–	1,570	1,826	0,409	1,773	0,246

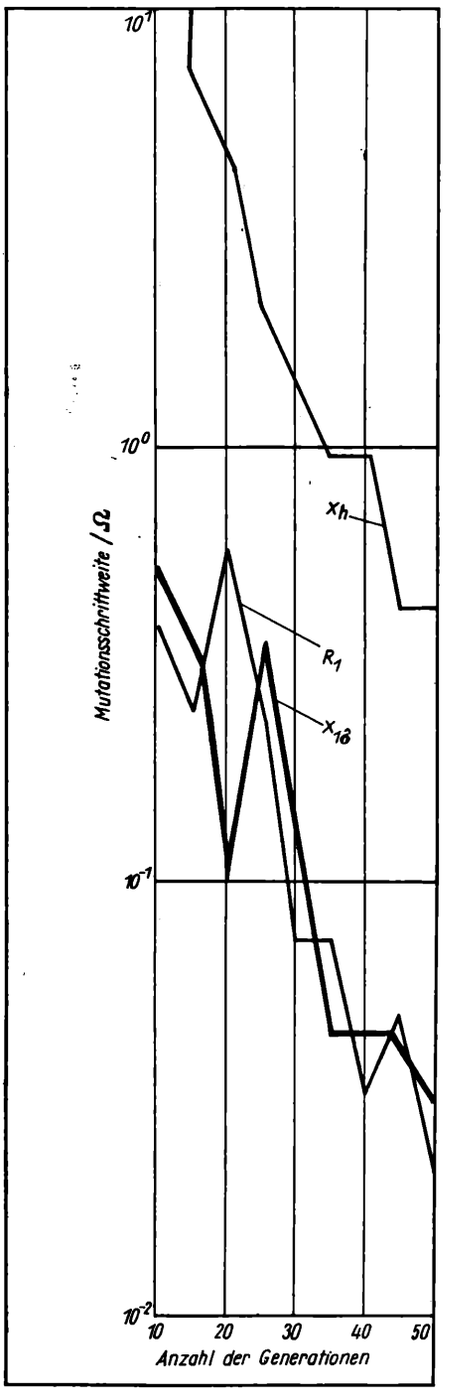
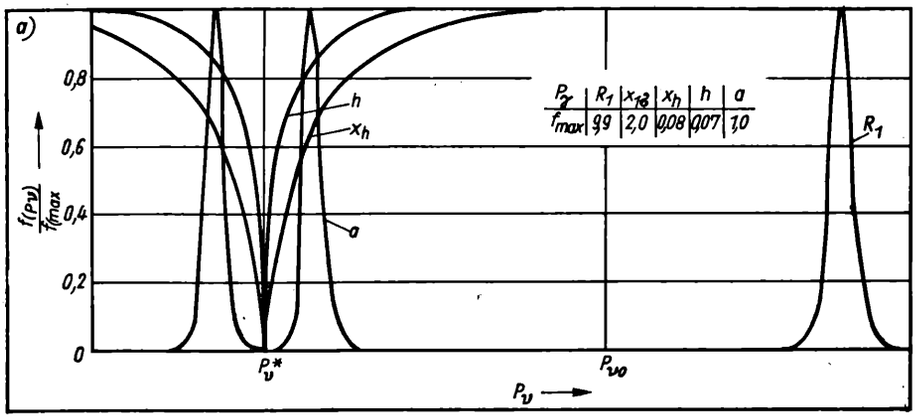
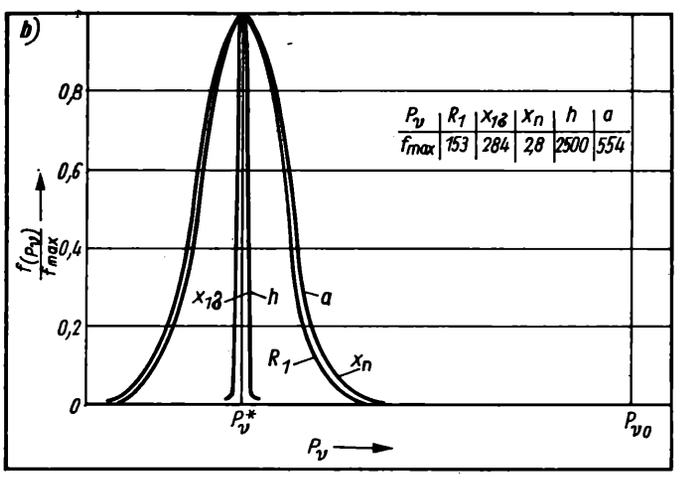


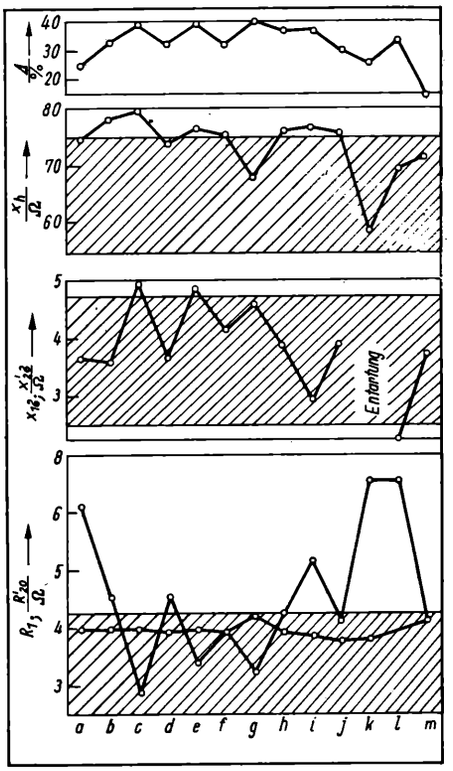
Bild 2
Entwicklung der Mutationsschrittweiten ausgewählter Parameter in Abhängigkeit von der Generationenanzahl (Ausschnitt)



3a



3b



4

Bild 3. Dichtefunktionen $f(p_v)$ der Suchverteilungen im Rahmen der $(1 + \lambda)$-Strategiekomponente zur Globalitätsprüfung des mit der $(1, \lambda)$-Komponente bestimmten lokalen Extremums p_v^* nach [2] (p_{v0} Koordinaten des ansatzgemäß existierenden globalen Extremums: $\Delta(p_{v0}) = 0$)

a) Suche mit der symmetrischen logarithmischen Normalverteilung, Nr. 2 nach Tafel 1

b) Suche mit der Normalverteilung, Nr. 1 nach Tafel 1

Bild 4. Betrag der Gütefunktion Δ und der Maschinenparameter für verschiedene Rechnungen a bis m am Beispiel des ASMS-Typs SR 112.3/6
(schraffiert: Bereich der Orientierungswerte nach [9])

5

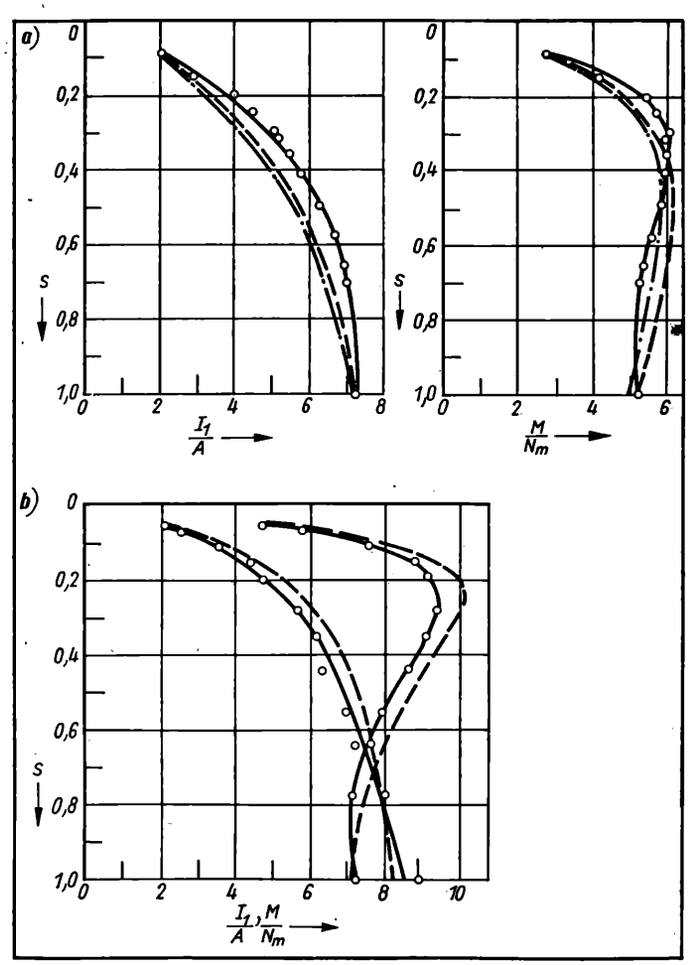


Bild 5. Vergleich zwischen experimentell bestimmten und mit den nach der Parameteridentifikation mit den Modellen für ASMS: Gln (2) bis (6) bzw. für ASMK: Gln. (2) bis (6) und (13) bis (15) berechneten Betriebskennfeldern

a) ASMS-Type SR 112.3/6 (2,2 kW)
—o— Meßwerte
– – – ASMK-Modell
—·— ASMS-Modell

b) ASMK-Typ AO 100 L-D 4 (3 kW)
—o— Meßwerte
– – – ASMK-Modell

Mit Ausnahme des durch die Verwendung entsprechender Randbedingungen selektierbaren Falls der Parameterentartung zeichnen sich alle suboptimalen Parameterkombinationen durch eine Position im R^n aus, die innerhalb bzw. nahe des Bereiches $B \in R^n$ liegt, der durch die Orientierungswerte [9] für die p_v gebildet wird. Schlußfolgernd ermöglichen diese Verifikationsergebnisse folgende Aussagen:

1. Das quantitative Maß der Annäherung des Modellverhaltens an das des Originals wird nach weitgehendem Ausschluß der Originalunschärfe durch die Modellunschärfe bestimmt.
2. Die mittlere Unschärfedifferenz zwischen theoretisch und experimentell verifizierten Ergebnissen bei der Anwendung der Identifikationsmethode kann nicht allein durch die Verfahrensgestaltung, sondern muß durch die Abbildqualität der Maschinenmodelle mitverursacht gesehen werden. Diese Eigenschaft der Methode kann deshalb als quantitatives Maß u. a. für die Bewertung von Maschinenmodellen Verwendung finden.
3. Aus der Lage der suboptimalen Parameterkombinationen im Bereich der Orientierungswerte folgt, daß die problemgemäße Lokalisation konkreter Maschinen in den Orientierungstoleranzbändern mit der vorgeschlagenen Methode möglich ist, wenn eine zutreffende Originalcharakteristik zugrunde gelegt wird.

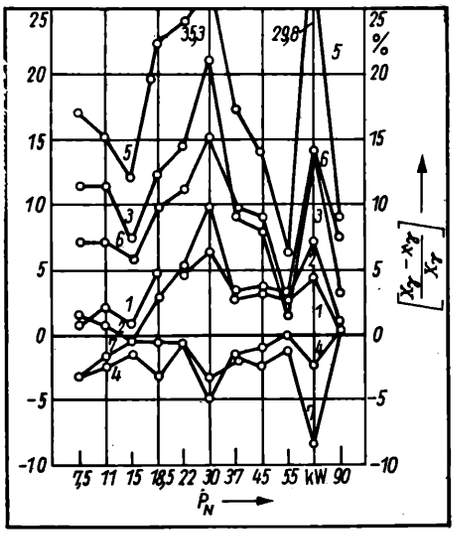
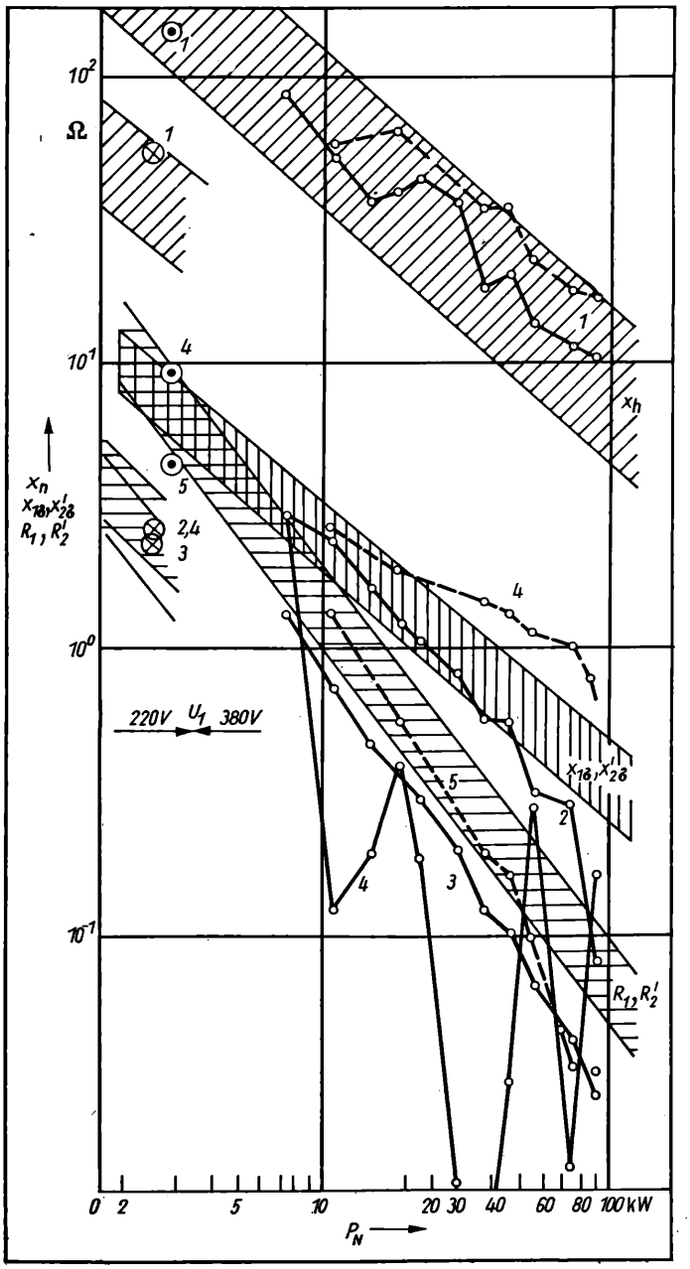


Bild 6. Relativer Fehler der Vergleichskennwerte in Abhängigkeit der Nennleistung am Beispiel der SMR-Reihe
1 I_N; *3* I_{2N}'; *5* R_s'; *7* η_N
2 $\cos\varphi_N$; *4* M_K/M_N; *6* M_N



7. Ergebnisse der Anwendung der Methode auf durch Katalogangaben charakterisierte Maschinen der Typenreihen KMR und SMR

Die Ergebnisse der Berechnung der Parameter von durch Katalogangaben [3] [4] charakterisierte Asynchronmaschinen der Typenreihen SMR und KMR in einem Leistungsbereich von 7,5 ··· 90 kW enthalten die Bilder 6 und 7. Daraus können folgende Schlußfolgerungen abgeleitet werden:

1. Das differenziert im Bild 6 dargestellte Fehlerverhalten der einzelnen Vergleichskennwerte läßt aus der Sicht deutlich werdender gleichartiger Verhältnisse hinsichtlich qualitativer Gesichtspunkte in Verbindung mit einem vergleichbaren Verhalten beim Ausschluß der Objektunschärfe auf modellbedingte Ursachen schließen.
2. Das quantitativ gegenüber Punkt 6 erhöhte Fehlermaß ($\Delta_{\text{suboptimal}} = 17 \cdots 98\,\%$ bei $\nu = 7$) kann als durch die zulässige Unschärfe von Katalogangaben wesentlich mitbestimmt interpretiert werden.
3. Eine physikalische Interpretation der berechneten suboptimalen Parameterkombinationen und damit ein Vergleich mit Orientierungswerten (Bild 7) setzt einen gleichen Bezugsgegenstand voraus. Er ist gegeben, wenn eine Objektunschärfe nicht auftritt und die den Orientierungswerten zugrunde liegenden Ersatzschaltungen verwendet werden: die für die Maschinen SR 112.3/6 und AO 100 L-D 4 bestimmten Parameter liegen im bzw. nahe dem Orientierungstoleranzband.
   Bei zunehmender Objektunschärfe und/oder unterschiedlichen Maschinenmodellen gewinnt das quantitative Maß der p_ν zunehmend formalen und mit den Orientierungswerten nicht mehr vergleichbaren Charakter, da sich beide Parametertupel nicht mehr auf vergleichbare Objekte und Modellstrukturen beziehen. (Es erhebt sich u.a. die Frage, ob die durch Katalogangaben infolge deren zulässiger Unschärfe charakterisierte fiktive Maschine ein physikalisches Pendant haben kann.) Infolge dieser Spezifik kann nur das Verhalten der Einheit der theoretischen Maschinenabbildung in Form von Modell + Parameter als physikalisch interpretationsfähig (aus quantitativer Sicht) betrachtet werden. Ein quantitatives Vergleichsmaß stellen dann die Fehler bei der Berechnung der Betriebskennwerte und nicht mehr die Orientierungstoleranzbänder für die Maschinenparameter dar.

8. Gesamtbewertung und weiterführende Gesichtspunkte

1. Die Auffassung der Identifikation der Modellparameter elektrischer Maschinen als Optimierungsproblem ermöglicht das Finden von Parameterkombinationen p_ν mit folgenden Eigenschaften:
   a) die p_ν führen aus der Sicht des Optimierungszieles zu suboptimalen Lösungen,
   b) auf die Qualität der Suboptima haben in der Reihenfolge die Komplexe Modell- und Originalunschärfe sowie Verfahrensgestaltung Einfluß,
   c) die physikalische Interpretation der p_ν erfordert die Berücksichtigung der durch die Unschärfen und Modellansätze bedingten erkenntnistheoretischen Gesichtspunkte.

   Damit ermöglicht die vorgeschlagene Identifikationsmethode bei variablem und begrenztem Informationsangebot die zielstellungsgemäße Parameterbestimmung bzw. die Eingrenzung der Parameterkombinationsvielfalt (infolge Toleranzbandbehaftetheit von Orientierungswerten) bei gleichzeitiger Kenntnis des Fehlermaßes. In Verbindung mit der vollständig rechnergestützt möglichen Abarbeitung kann der entwickelte Algorithmus direkte Grundlage CAD-orientierter Softwaremodule für Planungs- und Projektierungsprozesse sein.
2. Bedingt durch
   — die zulässige Unschärfe von Katalogangaben sowie
   — einen durch die relativ geringe Anzahl von Katalogangaben begrenzten Informationsgehalt

Bild 7. Lage der mit der Parameteridentifikationsmethode bestimmten Parameter im Vergleich mit Orientierungswerten nach [9]
1 X_h; *3* $R2'$ (SMR); *5* $R_1 = R_{20}'$ (KMR)
2 R_1 (SMR); *4* $X_{1\sigma} = X_{2\sigma 0}'$
—o— Schleifringläufermaschinenreihe SMR
– –o– – Kurzschlußläufermaschinenreihen KMR
⊙ ASMK-Typ AO 100 L-D 4
⊗ ASMS-Typ SR 112.3/6

TAGUNGSBERICHTE

Bericht über die CIRED-Konferenz 1987

9. International Conferenz on Electricity Distribution Liège (Belgien), 4. bis 8. Mai 1987 (Fortsetzung)

Auf dem Gebiet der Schutztechnik in MS- und NS-Netzen wirkt sich zunehmend der Einsatz von Mikrorechnern aus, der durch viele Vorteile gekennzeichnet ist:

— Selbstkontrolle
— neue Relais mit besserer Selektivität und geringeren Zeiten
— Wandler mit geringerem Eigenverbrauch
— Speicherung und Verarbeitung von Meßwerten
— leichtere Einfügbarkeit von Vorortautomatiken u. a.

Im Bericht c 10 wurde ein Distanzrelais für MS-Kabelnetze beschrieben, das mit 8-bit-Prozessoren arbeitet. Aktuelle KS-Daten und Schutzparameter sind in nichtflüchtigen Speichern abgelegt, deren Inhalt auch fernabgerufen werden kann. Ausführlich wurde über die positiven Ergebnisse während eines 5-monatigen Erprobungszeitraumes im 220-kV-Netz berichtet.

Besonderes Interesse verdiente der britische Beitrag c 09, in dem ein mikroelektronisches Relais (16-bit-Prozessor) vorgestellt wurde, das Steuer- und Meßfunktionen vereinigt. Die Autoren vertreten die Meinung, daß mit diesem Relais eine Vereinfachung der Primärtechnik in Strahlennetzen möglich ist (Transformatorenkette).

Ein von derselben Firma angebotenes Erdfehlererfassungssystem ist die Weiterentwicklung eines bereits auf der CIRED 83 vorgestellten Systems. Es ermöglicht die selektive Anzeige des Fehlerortes an zentraler Stelle (UW) und die Weiterleitung dieser Information z. B. zur NBS. Ein System besteht aus einem Relais je UW, einem Empfänger je MS-Abgang und maximal 15 Gebern je Abgang. Bei Vorhandensein von Umschaltmöglichkeiten, wie sie z. B. in den offenen Ringnetzen gegeben sind, kann mit einem solchen System die Unterbrechungsdauer erheblich reduziert werden.

Ein weiterer britischer Bericht (c 08) behandelte die Frage der Selektivität in NS-Netzen unter den Gesichtspunkten des Einsatzes neuer strombegrenzender Leistungsschalter mit stromabhängiger Schnellauslösung. Ein Rechnerprogramm stützt sich auf die elektrische Energie des Kurzschlußstromes zur Ermittlung der Selektivitätsstaffelung.

Weitere interessante Beiträge und eine rege Diskussion bestätigen intensive technische Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der digitalen Netzschutztechnik. Sogenannte Mikrorechner-Relais stellen zunehmend wirtschaftliche Lösungen in Verbindung mit neuen Schutzkonzepten dar, insbesondere wenn die Vorteile in der Betriebsführung der Netze, der Wartung, der Ersatzteilversorgung und der Funktions- und Montagekompatibilität zu vorhandenen Systemen berücksichtigt werden.

Eine Reduzierung der Schutzzeit durch den Einsatz von Mikroprozessoren auf 250 ms ist zu erwarten, erscheint jedoch sehr umstritten und unrealistisch. Das würde eine Staffelzeit von 100 ms voraussetzen, wie sie von verfügbaren Leistungsschaltern nicht erreicht werden.

Der finnische Beitrag c 11 berichtete über Betriebserfahrungen mit digitalen Schutz-

---

muß die Parameteridentifikation aus Katalogdaten mit Optimierungsmethoden als Ergänzung, nicht als Alternative zu den anderen Methoden der Parameterbestimmung elektrischer Maschinen [10] bis [13] aufgefaßt werden. Aus dieser Sicht füllt die vorgeschlagene Methode eine Zwischenstellung zwischen der Nutzung typenanonymer toleranzbandbehafteter Orientierungswerte und mit z. T. spezieller maschinenkonkreter Messungen gewonnener Parameter aus.

3. Bei der beispielhaften Anwendung der Identifikationsmethode auf Asynchronmaschinen wurde von deren Katalogcharakterisierung ausgegangen. Die Angaben der Kataloge widerspiegeln derzeit das stationäre und dynamische elektromagneto-mechanische [14] Betriebsverhalten der Motoren (Ströme, Drehmomente, Massenträgheitsmoment). Zunehmende Bedeutung erlangen jedoch auch darüber hinausgehende Betriebsverhaltensbereiche, z. B. thermische, bei der Projektierung elektrischer Antriebe [15] [16]. Aus der Sicht der vorgeschlagenen Identifikationsmethode besteht die Möglichkeit der Parameteranpassung von Modellen zur Beschreibung dieser Betriebsverhaltensbereiche, wenn exponierte diesbezügliche Betriebskennwerte bekannt sind. Eine Erweiterung von Katalogangaben um derartige Kennwerte kann deshalb zur Vergrößerung des anwenderspezifischen Spielraumes insbesondere in Planungsphasen beitragen.
4. Probleme und Möglichkeiten zur Weiterentwicklung der Theorie der Parameteridentifikation elektrischer Maschinen mit stochastischer Optimierung werden vorangig in folgendem gesehen:

   a) Einbeziehung des technischen Hintergrundes von (1) in die Gestaltung des mathematischen Algorithmus

   Es war feststellbar, daß die zulässige Unschärfe von Katalogangaben wesentlichen Einfluß auf die Qualität (Betrag) der Minima der Gütefunktion ausüben kann. Die Berücksichtigung unscharfer oder verteilter Originalkennwerte kann deshalb zu einer Qualifizierung der bestimmbaren Parametertupel führen.
   Das Kernproblem bei der Globalitätsbewertung schon bestimmter Extrema besteht in der Festlegung der Parameter der Suchverteilungen. Eine Differenzierung des Parameterraumes R^n in Bereiche B unterschiedlichen technischen Sinns (z. B. möglich/nicht möglich; wahrscheinlich/unwahrscheinlich) würde eine Konstruktion problemspezifischer Bewertungen z. B. in Form der zu fordernden Globalitätswahrscheinlichkeit ermöglichen. Sie kann dann die Grundlage für die Bestimmung aufgabenorientierter Verteilungsparameter bilden.

   b) Zusätzliche Nutzung analytischer Eigenschaften von (1) für die Gestaltung des mathematischen Algorithmus

   In der dargestellten Version wurde auf die Nutzung analytischer Eigenschaften der Gütefunktion bei der Verfahrensgestaltung verzichtet. Im Interesse der Konvergenzgeschwindigkeit bei der stochastischen Suche wäre es jedoch denkbar, die Verteilungsparameter auch unter Berücksichtigung analytischer Eigenschaften der Gütefunktion im Suchbereich festzulegen. Näherungen für bestimmte Eigenschaften, z. B. Gradienten im R^n, sind aus den Suchschritten selbst, ohne analytische Behandlung von (1), gewinnbar.
   Die Speicherung der während der stochastischen Suche anfallenden globalen Informationen (z. B. in Form des Spektrums aufgetretener Gradienten) in einem Gedächtnis [17] ermöglicht den Aufbau von Globalmodellen und kann so u. a. zur Festlegung von Verteilungsparametern insbesondere bei der Globalitätsprüfung mit stochastischer Suche genutzt werden.

Literatur

[1] *Diedrichs, V.:* Zur Identifikation der Modellparameter elektrischer Maschinen mit stochastischer Optimierung. Teil 1: Allgemeiner Algorithmus auf der Grundlage der $(1^+, \lambda)$-Evolutionsstrategie. ELEKTRIE, Berlin 41 (1987) 5, S. 193 und 194

[2] *Diedrichs, V.:* Zur Identifikation der Modellparameter elektrischer Maschinen mit stochastischer Optimierung. Teil 2: Globalitätswahrscheinlichkeit von mit Zufallssuchverfahren gefundenen Extrema. ELEKTRIE, Berlin 41 (1987) 6, S. 221–224

[3] Standardmotoren, Reihe KMR-Käfigläufer 5,5 bis 150 kW. VEB Kombinat Elektromaschinenbau. Technische Information W 111.11.4.

[4] Standardmotoren, Reihe SMR mit Schleifringläufer – 4 bis 110 kW. VEB Kombinat Elektromaschinenbau. Technische Information W 111.15.4.

[5] Taschenbuch Elektrotechnik, Bd. 5. Berlin: VEB Verlag Technik 1980

[6] *Vogt, K.:* Berechnung rotierender elektrischer Maschinen. Berlin: VEB Verlag Technik 1974

[7] *Bronstein, I.; Semendjajew, K.:* Taschenbuch der Mathematik. Leipzig: BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft 1969

[8] *Habiger, E.; Mierke, W.; Büchner, P.:* Elektrische Kennwerte von Drehstrom-Asynchronmotoren. messen · steuern · regeln, Berlin 11 (1968) 1, S. 38–40

[9] Die Technik der elektrischen Antriebe. VEM Handbuch. Berlin: VEB Verlag Technik 1974

[10] *Canay, M.:* Gleichstrommessungen zur Bestimmung der charakteristischen Größen von Synchronmaschinen. Bull. SEV 56 (1965), S. 943

[11] *Mrugowsky, H.:* Parameterbestimmung für Synchronmaschinen aus charakteristischen Betriebsdaten und Kennlinien. ELEKTRIE, Berlin 34 (1980) 2, S. 69–72

[12] *Mrugowsky, H.:* Parameterbestimmung für Drehstrom-Asynchronmotoren in Doppelkäfigdarstellung aus charakteristischen Betriebsdaten. ELEKTRIE, Berlin 35 (1981) 2, S. 84–87

[13] *Deleroi, W.:* Bestimmung von Asynchronmaschinen – Parameter aus Lastmessungen. etz Archiv 7 (1985) 10, S. 329–336

[14] *Koettnitz, H.:* Anforderungen und Verfahren zur Untersuchung von Netzvorgängen in Elektroenergiesystemen. ELEKTRIE, Berlin 35 (1981) 10, S. 523 bis 530

[15] *Vogel, J.:* Wicklungserwärmung elektrischer Maschinen im nichtstationären Betrieb. ELEKTRIE, Berlin 37 (1983) 1, S. 19–20

[16] *Reiche, H.:* Zuverlässige elektrische Antriebe durch Kontrolle der Alterungsprozesse. ELEKTRIE, Berlin 39 (1985) 2, S. 50–54

[17] *Lehmann, E.:* Automatisches Problemlösen. In: Kybernetik – Forschung, Analyse und Synthese von Problemlösungsprozessen. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1972

EA 5805

einrichtungen und den Einsatz von Lichtwellenleitern in zwei 220/110-kV-Umspannwerken.
Einen ebenso interessierten Hörerkreis fanden die Beiträge zu den Problemen der Überspannungen in MS- und NS-Netzen sowie der Isolationskoordinierung in NS-Netzen.
Im Beitrag c 12 wurden kritische Netzzustände untersucht, die in MS-Netzen zu Überspannungen führen, wie

— Schalten leerlaufender Transformatoren
— Blitzüberspannungen
— Übertragung der Spannung durch den Transformator
— Überspannungen nach einpoligen Fehlern.

Die Abhängigkeit der Überspannungen von der Art und der geometrischen Gestaltung der Erdungsanlage z.B. in Freileitungsstationen beschrieb der Bericht c 13. Zu diesem Zweck wurden von der EDF 10 unterschiedliche Erderanordnungen bei verschiedenen spezifischen Erdungswiderständen untersucht. Danach wurden praktische Empfehlungen zum Entwurf von Erdungsanlagen in Umspannstationen gegeben.
In den Beiträgen c 14 und c 15 wurden Probleme der Isolationskoordination in NS-Netzen diskutiert.
Von besonderem Interesse waren die Ergebnisse von Spannungs- und Stromimpulsprüfungen an üblichen NS-Überspannungsbegrenzern, die notwendige Koordinierung spannungsbegrenzender Geräte mit Sicherungen, Sicherungsautomaten und FI-Schaltern sowie die Anregungen für eine internationale Normung der NS-Isolationskoordinierung.
Als geeigneter Kompromiß zwischen Gerätehersteller und Anlagenerrichter erscheint die Einteilung der Betriebsmittel in 4 Überspannungskategorien gemäß IEC-Schrift 64 (sec.) 435 bzw. 168 (Co) vom November 1986.
Allgemein wurden die Vorteile des Einsatzes von ZnO-Ableitern hervorgehoben, jedoch liegen noch keine abschließenden Ergebnisse zur Zuverlässigkeit vor.

Berichte der Sitzung 2

c 01 *Robert*, u.a. (BE): Rückwirkungen von HS-Kondensatorbatterien auf das MS- u. NS-Verteilungsnetz
c 02 *Anders*, u.a. (SE): Störungen in elektronischen Steuersystemen
c 02 b *Goldberg* (Präsident der Gruppe CE 77 der IEC) Elektromagnetische Verträglichkeit in elektrischen Netzen
c 03 *Vargas*, u.a. (ES, IT): Bewertung der harmonischen Verzerrung in elektrischen Verteilungsnetzen
c 04 *Sibi*, u.a. (CI): Anteil der Harmonischen im Netz der Elfenbeinküste
c 05 *Pourbaix*, u.a. (FR): Verbesserung der Versorgungsqualität in ländlichen Netzen
c 06 *Morrell*, u.a. (GB): Die Nutzung des UIE-Flickermeters zur Bestimmung des Flickerniveaus
c 07 *Welingh*, u.a. (DK): Ein neues Schutzrelais für NS-Maschennetze
c 08 *Marchi*, u.a. (IT): Neue Selektivitätskriterien in NS-Netzen unter Nutzung von strombegrenzenden Leistungsschaltern
c 09 *Hampson*, u.a. (GB): Ein programmierbares Schutzrelais und seine Auswirkungen auf die Konzeption der Primärtechnik
c 10 *Rijanto*, u.a. (DE): Mikrorechner-Distanzschutz für MS-Netze
c 11 *Hakola*, u.a. (FI): Sekundärausstattung einer Station mit Mikrorechnerschutz und Informationsverbindung über Lichtwellenleiter
c 12 *Balzer* (DE): Überspannungen in MS-Netzen
c 13 *Anzanel*, u.a. (FR): Transiente Impedanz von Erdern in Verteilungsnetzen bei Blitzschlag
c 14 *De Vre*, u.a. (BR): Isolationskoordination in MS-Netzen und Schutz gegen Überspannungen
c 15 *Gatz*, u.a. (DE): Isolationskoordination in NS-Netzen

Sitzung 3: Freileitungen und Kabel

Die Sitzung wurde von *G. Fabre* (F) geleitet, der Berichterstatter war *J. Leboullieux* (F)
Folgende Vorzugsthemen wurden behandelt:
— Entwurf und Technik von Freileitungen (blanke oder isolierte Leiter) unter Berücksichtigung von klimatischen und Umgebungsbedingungen. Einsatz neuer Isoliermaterialien für MS-Leitungen. Einfluß auf Bau und Kosten sowie Betriebserfahrungen.
— Technik kunststoffisolierter Kabel und ihrer Garnituren. Überlastverhalten. Feuerbeständigkeit. Prüfverfahren für das Dielektrikum. Gesichtspunkte der Zuverlässigkeit und der Wirtschaftlichkeit, Betriebserfahrungen.
— Anwendung von Glasfaserkabel für Signal- und Nachrichtenübertragung bei Freileitungen oder Starkstromkabeln.
Aufbau örtlicher Beleuchtungssysteme, Steuerung und Schutz der Stromkreise. Schutz von Personen.
Anordnung und Technik für NS-Hausanschlüsse. In der Diskussion wurde sowohl die Analyse des Wetters als auch die Verbesserung der Konstruktion und des Zubehörs der Freileitungen behandelt.
Im Bericht d 01 befaßten sich die Autoren mit Beanspruchungen von Freileitungen durch klebenden Schnee, Reif und Eisregen.
Es wurde bestätigt, daß die Nutzung der Joulschen Wärme zum Schutz gegen derartige Klimate nicht möglich ist (Abtauen eisbehafteter Leitungen durch kurzzeitige Nennbelastung); ebenso erwiesen sich Antischneeringe und Kunststoffüberzüge als ungeeignet.
Der Bericht d 02 enthielt Vorschläge zur probabilistischen Berechnung der klimatischen Beanspruchung und daraus folgend der Zuverlässigkeit der Leitung. Als Grundlage dienten Karten mit den Auftrittswahrscheinlichkeiten von Wind- und Schneebelastungen und statistischen Angaben.
Im Ergebnis mehrjähriger derartiger klimatologischer Untersuchungen wurde z.B. Frankreich in 3 und Italien in 6 klimatische Belastungszonen eingeteilt.
Das Verhalten von Ein- und Zweisystem-Freileitungen im Kurzschlußfall bezüglich des Ausschwingens der Leiterseite wurde in den Berichten d 04 und d 05 dargestellt.
Der Bericht d 03 beschreibt positive Erfahrungen in Finnland mit Freileitungen mit isoliertem Leiter auf der Basis von 1500-km-Jahren. Es wurden Fehler infolge zu großer Annäherung der Leiter an Bäume bzw. untereinander vermieden. Die Trassenbreite besonders in Waldgebieten ist geringer und verursacht geringere Eingriffe in die Umwelt. Diskussionsredner aus Schweden und Spanien bestätigten diese positiven Ergebnisse (Fehlerrate etwa 25% von blanken Freileitungen, Kostenrelation von 120 bis 140% zu blanken Freileitungen).
Als Problem wurde in der Diskussion die fehlende Auslösung bei herabgefallenem Leiter aufgezeigt.
Weitere Diskussionsschwerpunkte waren:

• Vorteile von Kompaktfreileitungen wurden bei etwa 20% höheren Investitionskosten in der größeren Versorgungssicherheit, reduzierter Trasse und visuellen Vorzügen gesehen. Die Fa. ENEL (Italien) informierte über neuentwickelte, vor Ort montierbare Stahlprofile für A-Maste für Kompaktleitungen und eine 3 km lange 132 kV Versuchsleitung in Florenz (Italien).
• Die Notwendigkeit weiterer Forschungsarbeiten über die mechanische Alterung von Freileitungsseilen und das Verhalten von Epoxydharz-Isolatoren wurde betont.

Die Notwendigkeit weiterführender Forschungsarbeiten über die mechanische Alterung von Freileitungsseilen und das Langzeitverhalten von Epoxydharz-Isolatoren wurde unterstrichen.
Im Beitrag d 17 wurde über PC-Programme zur Ermittlung der jährlichen Auswechselungsraten von Holzmasten unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen berichtet.
Positive Erfahrungen, insbesondere geringe Störquoten von VPE-Kabel, wurden in den Berichten Frankreich/BRD und Schweden beschrieben. Insgesamt ist eine wesentliche Qualitätsverbesserung seitens der Hersteller ab Mitte der 70er Jahre festzustellen, die zu einem sicheren und wirtschaftlichen Einsatz der VPE-Kabel führte.
Im Bericht d 07 wurden Versuche zum Isolationsverhalten in feuchter Umgebung beschrieben, einschließlich Alterungsuntersuchungen nach 4, 8, 12 und 18 Monaten.
In der Diskussion berichtete die RWE (BRD) über einen 40-%-Anteil von längswassergeschützten VPE-Kabeln bei Neuverlegung und Ankündigungen der Kabelhersteller, längswassergeschütztes Kabel preisgleich wie längswasserdurchlässiges Kabel anzubieten.
Untersuchungen im 20-kV-Kabelnetz der Schleswag AG (BRD) zeigen eine höhere Fehlerrate in den Sommermonaten (Bodentemperatur schwankt um etwa 15 °C) während ein dänischer Diskussionsbeitrag eine Beziehung zur Bodentemperatur nicht bestätigte.
Die Diskussion zeigte als Schwerpunktprobleme die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen zum Verhalten von Kunststoffkabeln unter Wassereinfluß und der Lebensdauerbestimmung, insbesondere des Wachsens von „water treeing" in Abhängigkeit der Strombelastung, konstruktiven Aufbaus und mechanischer Beschädigungen.
Der Bericht d 08 beschrieb ein SIC-Kabel der Fa. NKF Kabel, Holland, dessen nichtlineare Charakteristik einen einfachen, zeitsparenden Anschluß der Armaturen ermöglicht.
Trotz des höheren Preises sind die Gesamtkosten bei Längen von 15 m geringer.
Unterschiedliche Auffassungen bestehen in der Anwendung der bei Massekabelanlagen üblichen Gleichspannungsprüfung bei PE- oder VPE-Kabelanlagen (mögliche Schädigung im gealterten Dielektrikum!).
Der Einsatz von Lichtwellenleitern im Zusammenhang mit Freileitungen und Kabeln stand erstmals auf einer CIRED-Konferenz zur Diskussion. Fallende Preise führten in den letzten 3 Jahren in zunehmendem Maße zum Einsatz in Verteilungsnetzen (z.B. beträgt der Zuwachs eingesetzter Lichtwellenleiter in England etwa 100 km/a).

Die Autoren der Berichte d 12, d 13, d 14 befaßten sich ausführlich mit der Nutzung von Lichtwellenleitern zur Informationsübertragung und Netzsteuerung. Es wurden verschiedene Lichtwellenleiter verglichen und ihre Einsatzeignung dargestellt. In der Diskussion wurde der Einsatz insgesamt positiv beurteilt.

Es wurde eine ferngesteuerte Einrichtung zum Umwickeln von unter Spannung stehenden Freileitungsseilen mit Lichtwellenleiterkabel (Nachrüstung) vorgestellt.

Der wachsende Bedarf an Informationsübertragungskapazität führt dazu, daß Energieversorgungsunternehmen ihre Freileitungsnetze als Übertragungswege für größere integrierte Informationssysteme anbieten.

Übereinstimmend wurde in der Diskussion festgestellt, daß der Elektromonteur in der Lage sein muß, den Starkstromanschluß und den Anschluß der Lichtwellenleiterarmaturen auszuführen.

Im Bericht d 18 wurden Rechnerprogramme zur Ermittlung der Belastbarkeit von Starkstromkabeln unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen vorgestellt.

Berichte der Sitzung 3

d 01 *Lapeyre*, u.a. (FR): Freileitungen bei klimatischer Überlastung

d 02 *Ford*, u.a. (GB): Freileitungsgestaltung
Die Auswirkungen der Modellvorhersagen von extremen Wind- und Schneebeanspruchungen im Vereinigten Königreich

d 03 *Hinkkurl*, u.a. (FI): Das SAX-System – eine neue MS-Verteilungsart

d 04 *Lilien*, u.a. (BE): Probleme bei der Veränderung der Leiteranordnung bei Zweisystemfreileitungen

d 05 *Zhili*, u.a. (FI): Kurzschlußversuche an Verteilungsfreileitungen

d 06 *Bernard*, u.a. (FR): Jüngste Entwicklungen bei 20-kV-Verteilungskabelverbindungen in Frankreich

d 07 *Metra*, u.a. (IT): Tree-Bildung verzögernde und Tree-feste MS-Kabel

d 08 *Kreuger*, u.a. (NL): Plastisolierte Kabel mit SIC-Schirm

d 09 *Schroth*, u.a. (DE): Betriebserfahrungen mit kunststoffisolierten MS-Kabeln über viele Jahre

d 10 *Forsgren* (SE): Schwedische Erfahrungen mit XLPE-Kabel

d 11 *Tu San'yih*, u.a. (CN): Die Neugestaltung des 23-kV-Kabelnetzes in Shanghai

d 12 *Bartlett*, u.a. (GB): Die Entwicklung eines optischen Nachrichtensystems in den EVU des Vereinigten Königreiches

d 13 *Wavre*, u.a. (CH): System der Betriebsführung eines MS-Netzes mit Hilfe von Lichtwellenleitern

d 14 *Rudolf* (DE): Die Nutzung von Lichtwellenleitern in den EVU, vorgestellt am Beispiel der Hessischen Elektrizitäts-AG

d 15 *Lebreton*, u.a. (FR): Die elektrische Versorgung von öffentlichen Beleuchtungseinrichtungen

d 16 *O'Brien* (IE): Verbesserte Gestaltung von NS-Netzen in ländlichen Gebieten

d 17 *Pyra*, u.a. (AU): Die Nutzung von Berechnungsmethoden und mathematischer Analyse beim Betreiben von Holzmasten

d 18 *Anders* (CA): Verbesserte Methoden für die Berechnung des zulässigen Stromes in Leitungskabeln

Sitzung 4: Betrieb und Steuerung des öffentlichen Verteilungsnetzes

Die Sitzung stand unter Leitung von *F. W. T. Davenport* (UK), der Berichterstatter war *C. Mirra* (IT)

Nachstehende Vorzugsthemen wurden behandelt:

— Neue Systeme der elektronischen Zählung und der Laststeuerung für Haushalt- und Industrieabnehmer. Die Anwendung von Zeitzonentarifen unter Nutzung von zentralen oder lokalen Einrichtungen, Probleme der Datenübertragung.

— Der Einfluß des Einsatzes und der Optimierung von manuellen und automatischen Steuerungseinrichtungen auf die Qualität der Versorgung (Nutzung der technischen Diagnostik, von Datenbanken und dem Zugriff zu Informationen als Führungswerkzeug).

— Die Entwicklung der Rechnerunterstützung für die Steuerung und Führung von Verteilungsnetzen, Möglichkeiten der Verbesserung des Mensch-Maschine-Interface.

Die Anwendung von Zeitzonentarifen zur Laststeuerung ist als besonderer Antrieb für die Entwicklung von elektronischen Zählern einzuschätzen.

Der Bericht f 03 gab einen umfassenden Überblick, wie bei ENEL die Zählung realisiert wird. Für MS-Abnehmer erfolgt sie durch einen Ferrariszähler mit elektronischem Zusatzbaustein zur Einstellung der Zeitzonentarife. Die Umstellung dieser Tarife wird über das Telefonnetz realisiert. Zur Zeit läuft ein Experiment für NS-Abnehmer, die mit einem Ferrariszähler in Verbindung mit einer Wertkartenleseeinrichtung ausgestattet sind.

Die Posterbeiträge f 19 und f 20 behandelten ebenfalls die Anwendung von Zeitzonentarifen, wobei konventionelle Zähler mit elektronischem Zusatz verwendet werden.

In der Diskussion wurde von einem Vertreter der Firma Landis & Gyr zum Ausdruck gebracht, daß Präzisionszähler der Klasse 0,2 und 0,5 bereits als elektronische Zähler gefertigt werden.

Für die Zählung im NS-Bereich der Klasse 2 verursacht der Ferrariszähler geringere Kosten bei höherer Zuverlässigkeit, so daß die beschriebene Kombination eingesetzt wird.

Von der EDF wurde entgegengehalten, daß zur Realisierung der Zeitzonentarife, über deren Nützlichkeit Einvernehmen bestand, ohnehin elektronische Zusatzbausteine mit geringerer Zuverlässigkeit nötig sind, so daß auch ein vollelektronischer Zähler gerechtfertigt ist. Bei der EDF sind 4 Millionen derartige Doppeltarifzähler in Betrieb. Probleme hinsichtlich elektromagnetischer Verträglichkeit wurden überwunden.

Im Bericht f 01 wurde ein System der Laststeuerung mit Hilfe einer Zweiweginformationsübertragung über das Netz vorgestellt. Es wurde bei 340 Abnehmern eines dänischen NS-Netzes erprobt.

Das französische Konzept der Laststeuerung zeigte der Beitrag f 02. Es wird ein Tarif in Abhängigkeit von der Zeit, der Jahreszeit und den Witterungsbedingungen vorgeschlagen. Zur Einstellung nutzt die EDF Schaltuhren und die Rundsteuerung.

Die Einstellung der Zeitzonentarife über Rundfunksender oder das Telefonnetz wurde im Bericht f 04 beschrieben.

In der Nähe eines leistungsstarken Rundfunksenders wurden für 60000 Abnehmer Radiofernschalter zur Tarifstellung genutzt, mit denen es gute Erfahrungen gibt.

Die Diskussion kann wie folgt zusammengefaßt werden:

— Der Übergang zu elektronischen Zählern ist mittel- oder langfristig unvermeidlich
— es fehlen noch Normen für die elektronischen Zähler, z.B. hinsichtlich Verträglichkeit
— die Art der Laststeuerung ist noch offen, entweder durch die Abnehmer selbst oder durch die EVU
— offen ist auch noch die günstigste Art der Informationsübertragung: Einwegübertragung (Rundfunk) zur Tarifstellung oder Zweiwegübertragung (Telefon- oder EV-Netz) zur Tarifsteuerung und Ablesung
— ein elektronischer Zähler sollte weitere Funktionen realisieren (Zählung von Gas, Wasser, Fernwärme usw.).

Die Autoren der Beiträge f 05 und f 06 behandelten das Problem der Fehlerortung auf MS-Leitungen. Das Fließen eines Fehlerstromes wird an verschiedenen Stellen des Netzes durch Sensoren registriert und diese Informationen werden über Telefonleitungen oder das MS-Netz zu einer zentralen Stelle weitergeleitet.

Die Übertragung im MS-Netz erfolgt durch Injektion eines Zusatzstromes (16 kHz). Die gewählte Frequenz wird als Kompromiß zwischen Kosten der Ankopplung und den Übertragungseigenschaften des Netzes ausgewiesen. Die automatische Ringsektionierung im Fehlerfall wurde in den Berichten f 08 und f 09 vorgetragen.

Voraussetzung ist auch hier ein System der Fehlerortung und Informationsübertragung in Verbindung mit entsprechenden Vorortautomatiken.

Ein analoges System für Freileitungsnetze unter Nutzung eines automatischen Masttrenners wurde in f 07 vorgestellt.

Die Diskussion zur Fehlerortung und automatischen Ringsektionierung machte das damit verbundene Optimierungsproblem deutlich.

Die Kosten für die Geräte zur Fehlerortung und Schaltung müssen durch den erreichbaren Zuverlässigkeitsgewinn gerechtfertigt werden. So führte ein Vertreter der BRD zum Einsatz der FAUST-Automatik in einem 10-kV-Ring aus, daß die Unterbrechungsdauer von etwa 30 min auf 3 s reduziert wurde, die Einsparungen aber nur 40% der Kosten ausmachen und eine weitere Anwendung nicht vorgesehen ist. Das heißt, daß nur extrem kostengünstige Lösungen für die Fehlerortung in MS-Netzen geeignet sind. Bewährt haben sich selbstrückstellende Kurzschlußstromanzeiger, die auch für Freileitungsnetze, jedoch mit Batterie, angeboten werden. Ein System der Fernsteuerung in Echtzeit wurde im Bericht f 10 beschrieben. Kern des Systems ist das Programm SIT 3, mit dem 30 UW und die Trennstellen im MS-Netz überwacht werden.

Die Verbesserung eines bestehenden Systems der Fernsteuerung durch Einfügen von Entscheidungsfunktionen war Inhalt des Berichts f 14.

In f 11 wurde eine Hybridarbeitsstation vorgestellt, wobei die Informationsbereitstellung für den Operateur über Bildschirm, Wandbild usw. diskutiert wurde. Ähnliche Betrachtungen wurden in dem Beitrag f 15 angestellt.

Mit der Einführung von Expertensystemen zur Unterstützung der Betriebsführung in Verteilungsnetzen beschäftigten sich die Autoren der Beiträge f 12 und f 13.

Expertensysteme sind vorgesehen:

— zur Identifizierung des Ausfallbereichs
— zur schnellen Umschaltung und Überprüfung der Lastbedingungen
— zur Ausgabe von Schaltfolgen für den Operateur
— zur Minimierung der Zeit bei Netzwiederaufbau nach Großstörungen
— als intelligente Trainingssimulatoren.

wenderforderungen hinsichtlich der Nutzerfreundlichkeit gerecht wird.
Der Vortrag von Dipl.-Ing. *Binner* (TU Dresden) dokumentierte die Möglichkeiten der Implementation der Programme zur Magnetfeldberechnung auf verschiedenen Rechnertypen. Die Leistungsfähigkeit wurde an vielen Beispielrechnungen belegt.
Dr. *Langer*, Dipl.-Ing. *Fischer*, Dipl.-Ing. *Heise*, Dipl.-Ing. *Jung* und Dipl.-Ing. *Wohlgemuth* (TU Karl-Marx-Stadt) stellten in ihren Vorträgen Multigrid-Methoden vor. Dieses auf der Methode der finiten Elemente aufbauende Lösungsverfahren für verschiedene Differentialgleichungstypen hat eine sich selbstverfeinernde Vernetzungsstrategie und kann damit die Nutzerfreundlichkeit der Programme wesentlich erhöhen. Dipl.-Ing. *Fischer* betrachtete Aufgaben des Pre- und Postprozessing bei der Anwendung dieser Rechenverfahren auf reale Geometrien, während sich die anderen Vorträge mit mathematischen Verfahrensfragen beschäftigten. Die Vorträge zu den Multigrid-Methoden fanden bei den ausländischen Gästen starkes Interesse.
Prof. *Reichert* (ETH Zürich), einer der Pioniere der Magnetfeldberechnung, diskutierte in seinem Vortrag Fehler bei der Anwendung der Methode der finiten Elemente. Der festgestellte systematische Fehler bleibt auch bei einer Verfeinerung des Netzgitters vorhanden und wirkt sich insbesondere auf die Momentenberechnung in elektrischen Maschinen aus.
Prof. *Lorenzen* (TU München) diskutierte praktische Anwendungen der Magnetfeldberechnung bei Turbogeneratoren und ging besonders auf die Einbeziehung der Eisenverluste in die Berechnung ein.
Die besondere Bedeutung des Pre- und Postprozessing bei der Anwendung der Magnetfeldberechnung zur Bestimmung der Parameter elektrischer Maschinen wurde in den Vorträgen von Dr. *Melkes* und Herrn *Krumpolc* (VUES Brno) deutlich.
Die Vorträge von Dipl.-Ing. *Reinhardt*, Dr. *Brauer*, Dipl.-Ing. *Abel* und Dipl.-Ing. *Hofmann* stellten Erfahrungen der TH Ilmenau bei der Anwendung der numerischen Magnetfeldberechnung vor. Neben einer Optimierungsstrategie für die Vernetzung bei der FEM-Anwendung wurden auch andere Berechnungsverfahren wie die Randintegralmethode dargelegt. Die Anwendung der Berechnungsverfahren auf dünne anisotrope Speicherschichten liegt außerhalb des bisher behandelten Gebietes der elektrischen Geräte.
In den Vorträgen von Dr. *Weiak* und Dipl.-Ing. *Komeza* (TU Lodz) wurden Berechnungsergebnisse bei der Anwendung der FEM auf durch Supraleitung erregte Generatoren und auf Transformatoren vorgestellt. Ein besonderes Problem bei der Anwendung des Verfahrens der Magnetfeldberechnung stellt die Einbeziehung der 3. Dimension und der zeitlichen Abhängigkeit von Parametern dar.
Im Vortrag von Frau Dr. *Schurina* (NETI Nowosibirsk) wurde ein neues Verfahren der dreidimensionalen Magnetfeldberechnung vorgestellt sowie von Dr. *Asche* (TH Aachen) zusätzlich Zeitabhängigkeiten berücksichtigt. Hier ergeben sich jedoch Rechenzeiten von ein bis zwei Tagen auf 32-bit-Rechnern.
Die Anwendung der Magnetfeldberechnung bei der Untersuchung der Betriebseigenschaften permanenterregter Synchronmaschinen demonstrierte Dipl.-Ing. *Heil* (TH Darmstadt). Der Schwerpunkt lag auf der Untersuchung des Verhaltens der Maschine bei verschiedenen Anordnungen der Magnete im Rotor und bei Verwendung moderner hartmagnetischer Werkstoffe.
Der Beitrag der Magnetfeldberechnung bei der Simulation großer stromrichtergespeister Synchronmotoren wurde von Dipl.-Ing. *Biechl* (TU München) behandelt. Hier gelang es, die für die Modellgleichungen des Antriebssystems notwendigen Parameter aus den Ergebnissen der Magnetfeldberechnung abzuleiten.
Die dargestellten Vortragsthemen zeigen die große Bedeutung der Magnetfeldberechnung im Entwurfsprozeß elektrischer Geräte. Der weitere Übergang zu rechnergestützten Verfahren bei der Dimensionierung und Konstruktion elektrischer Geräte ermöglicht die Einbeziehung der Verfahren der Feldberechnung. Die nationalen und internationalen Aktivitäten zeigen, daß dieser Prozeß noch nicht abgeschlossen ist und durch die Anwendung neuer Rechnergenerationen beschleunigt wird.

H. Steinbach, Karl-Marx-Stadt EA 2803

Expertensysteme in der industriellen Steuerungstechnik

134. Sektionskolloquium Automatisierungstechnik der Technischen Universität Karl-Marx-Stadt am 18. Februar 1988

Dr. rer. nat. *K. Schulz*, wissenschaftlicher Mitarbeiter des VEB Numerik „Karl Marx" und Mitglied einer Forschungsgruppe an der Sektion Automatisierungstechnik der Technischen Universität Karl-Marx-Stadt, stellte Ergebnisse der gemeinsamen Arbeit und grundlegende Positionen des Kollektivs auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz vor.
Um im Bereich der industriellen Fertigung zur komplexen Automatisierung überzugehen, gewinnt die Beherrschung großer Systeme und komplexer Beziehungen zunehmende Bedeutung. Die Parallelarbeit, Zuverlässigkeit, Echtzeitfähigkeit und Nutzerfreundlichkeit — um nur einige Aspekte zu nennen — erfordern leistungsfähige Hard- und Software.
Die künstliche Intelligenz (KI) gibt in dieser Hinsicht wesentliche Impulse. Das sinnvolle Zusammenwirken von Mensch und Maschine ist im Zuge der ständigen Weiterentwicklung durch den Wandel der Strukturen von steuernden Systemen gekennzeichnet. Die KI-Forschung widmet sich vor allem den Problemkreisen
— Wissensrepräsentation
— Schlußfolgerungsprozesse über Wissensstrukturen
— Transformation von Wissensstrukturen.

Die Ergebnisse finden auf dem Wege der Anwendung der künstlichen Intelligenz ihren Niederschlag in
— wissensbasierten Systemen
— Beratungssystemen
— Expertensystemen
— Lehrsystemen
— Simulationssystemen.

Den Aufbau wissensbasierter Systeme stellte der Referent dar im Zusammenwirken von
— Wissensbasis
bestehend aus
- Sachwissen und
- Erfahrungswissen

in Form von
- prozedualem
- deklarativem und
- Metawissen

sowie
— Nutzer
über
- Dialogkomponenten
- Erklärungskomponenten
- Problemlösungskomponenten
- Wissenserwerbskomponenten.

Bei der Umsetzung im Prozeß erläuterte und begründete Dr. *Schulz* Klassifizierungen zur Prozeßnähe bzw. -ferne bei
— Aufgaben
— Wissensrepräsentation
— Wissensverarbeitung.

Auf die Wissensbasis eingehend, verwies er auf die Unterscheidung von
— zeitinvariantem Teil mit Systemstruktur und festen Verhaltensaussagen, wodurch Vorverarbeitung und Compilierung ermöglicht wird, sowie
— dynamischem Teil, der Systemzustand und Situation enthält und spezielle Verwaltungsmechanismen erfordert.

Insgesamt werden wissensbasierte Systeme als ergänzende, integrierende Komponenten der modernen Automatisierungstechnik verstanden, und es sind über Erfordernisse hinsichtlich Kommunikation und Prozeßkopplung Untersuchungen notwendig.
Unter der allgemeinen Zielstellung, Grundlagen für einheitliche Steuerungs-Software unter dem Einfluß der künstlichen Intelligenz zu erarbeiten, zielt die konkrete Aufgabenstellung der Forschungsgruppe unter Leitung des Dozenten Dr. sc. techn. *K. Heß* darauf ab, Software-Werkzeuge für die industrielle Anwendung zu schaffen. Notwendige Voraussetzungen dafür sind:

1. Ein Echtzeitmultitask-Betriebssystem — MRTS

2. Ein Softwaresystem für komplexe Koordinations- und taktische Problemlösungsaufgaben — MODES

3. Expertensystem-Funktionen für
— Standardsteuerungen (z. B. Dialog, Nutzerführung)
— komplexere Steuerungsvorhaben (Fertigungsprozeßsteuerung)
— CAD/CAM-Arbeitsplätze (Projektierung, Konfigurierung).

Während MRTS bereits in die Produktion überführt wurde, um Problemlösungsaufgaben parallel zu Steuerungsaktionen zu bearbeiten und Echtzeiterfordernisse der zu steuernden Programme nicht zu gefährden sowie
MODES als Regelsystem, das nach dem Prinzip der Ereignissteuerung ebenfalls in die industrielle Software der S 7000 des VEB Numerik Karl-Marx-Stadt Eingang gefunden hat, wird an der Problemlösungseinheit „MODEX" als Inferenz-Maschine mit PROLOG-Interpreter noch gearbeitet.
Die allgemeine Wissensbasis muß zuge-

schnitten auf jedes spezielle Problem neu erarbeitet werden, weil besonderer Wert auf

— Multitask-Fähigkeit
— Kommunikationsfähigkeit
— Modifikationsfähigkeit

gelegt wird.
Als bereits überführte Anwendungsbeispiele des noch in Entwicklung befindlichen Problemlösungs-Softwarepaketes wurden

— Einsatz in Fertigungsprozeßsteuerung als Beratungssystem zur Disposition
— Unterstützung beim Leiterplattenentwurf und
— Simulationssysteme

genannt.
Nach dem abschließenden Hinweis auf einige wesentliche Literaturstellen nutzten die Teilnehmer in umfangreichem Maße die Möglichkeiten, weitere Fragen in der Diskussion zu klären.

G. Tippmann, Karl-Marx-Stadt EA 2793

Informations- und Versorgungsleistungen der Technischen Zentralbibliothek der DDR, Universitätsbibliothek Dresden — weitere Entwicklung der Zentralen Fachbibliothek und des fachlichen Bibliotheksnetzes Elektrotechnik, Elektronik, Informatik

287. Elektrotechnisches Kolloquium der Sektion Elektrotechnik der Technischen Universität Dresden am 16. Dezember 1987

Referent: Prof. Dr. rer. oec. *A. Pflug*, Direktor der Technischen Zentralbibliothek der DDR an der Technischen Universität Dresden

Der Referent charakterisierte eingehend die Aufgaben der Universitätsbibliothek Dresden als Technische Zentralbibliothek der DDR (TZB/UB) und insbesondere die Profilierung als Zentrale Fachbibliothek Elektrotechnik, Elektronik, Informatik (ZFB E/E/I). Die TU Dresden hat sich den Anforderungen zu stellen, die Technische Zentralbibliothek der DDR zu einem beispielhaften wissenschaftlichen Informationszentrum zu entwickeln, das

— den Anforderungen der Lehre und den in den Hauptentwicklungslinien der Universität festgelegten Forschungs- und Leistungsprofilen entspricht und darüber hinaus
— die informationelle Versorgung der Industrie, wissenschaftlicher und anderer Institutionen entsprechend den festgelegten Gesichtspunkten gewährleistet.

Das in den 160 Jahren ihres Bestehens, besonders aber nach 1945 herausgebildete breite wissenschaftliche Profil der Technischen Universität Dresden, das u.a. durch die Ausbildung von Studenten in 60 Fachrichtungen und durch solche Wissenschaftskomplexe wie Elektronisierung, Informatik, Produktionsautomatisierung, Energie, Werkstoffe, Biotechnik, Umwelt, aber auch weltanschauliche, ökonomische und soziale Fragen der wissenschaftlich-technischen Revolution im Sozialismus gekennzeichnet ist, bestimmt wesentlich die Informationsvermittlungs- und -versorgungsfunktionen der TZB/UB. Dabei werden in jüngster Zeit die drei Wissenschaftszentren der Universität,

— das Informatik-Zentrum des Hochschulwesens
— das Elektronik-Zentrum und
— das Zentrum für Produktionsautomatisierung,

zu Einrichtungen, die für die Strategie der Bestandsentwicklung und -profilierung an der TZB/UB wesentliche Akzente setzen. Mit 1,3 Millionen Bestandseinheiten, 2,2 Millionen Patentschriften und 3772 Zeitschriftentiteln verfügt die TZB/UB über den umfangreichsten Bestand an Literatur zu den Technikdisziplinen. Sie ist als Bestandszentrum der DDR für Elektrotechnik, Elektronik, Informatik, Grundlagendisziplinen und Querschnittsprobleme der Technik anzusehen und verfügt über bedeutende Literaturbestände des Maschinenwesens, Bauwesens sowie von Mathematik, Physik und Chemie. Mit 22 Sammelschwerpunkten (d.h. fast 10% aller Sammelschwerpunkte des zentralen Planes der DDR) ist die TZB/UB die wissenschaftliche Bibliothek mit dem breitesten naturwissenschaftlich-technikwissenschaftlichen Profil im wissenschaftlichen Informationssystem der DDR. Das drückt sich auch in der aktiven Mitarbeit in sieben zentralen fachlichen Bibliotheksnetzen aus.
Dabei leitet die TZB/UB das zentrale fachliche Bibliotheksnetz Elektrotechnik, Elektronik, Informatik. Der Referent verwies darauf, daß dieses Fachnetz Kooperationspartner aus mehreren Ministerien, besonders den Ministerien für Elektrotechnik und Elektronik und Hoch- und Fachschulwesen, sowie der Akademie der Wissenschaften der DDR umfaßt, und daß Informationsvermittlungs- und -versorgungsleistungen der TZB/UB in hohem Maße durch die Leitstellen für wissenschaftlich-technische Information der Kombinate und Betriebe genutzt werden.
1987 konnten an der TZB/UB die Fachbibliothek Elektrotechnik/Elektronik sowie der Fachbereich Informatik als wesentliche Bestandszentren im Fachnetz Elektrotechnik, Elektronik, Informatik neue Räumlichkeiten erhalten und damit auch erweiterte Nutzungsmöglichkeiten dieser für viele Wissenschaftsdisziplinen relevanten Monografien- und Zeitschriftenbestände, besonders auch der Einrichtungen im Territorium Dresdens, erschlossen werden. Mit einem „wissenschaftlichen Informationsdienst" für mehr als 150 führende Wissenschaftler der Universität, vor allem der Wissenschaftsdisziplinen Elektrotechnik, Elektronik, Informatik, Maschinenwesen und Gesellschaftswissenschaften, mit der stärkeren Einbeziehung von Firmenschriften und anderer Arten nichtbuchhändlerischer, sogenannter „grauer" Literatur in die aktive Informationsarbeit trägt die TZB/UB neuen Anforderungen Rechnung.
Im Oktober 1987 wurde als neue Leistungsart die Informationsvermittlung aus nationalen Online-Datenbanken aufgenommen, die 1988 auf die Nutzung internationaler Online-Datenbanken ausgedehnt wird.
In der Diskussion wurden zahlreiche Einzelaufgaben der TZB/UB im Rahmen ihrer Hauptfunktionen angesprochen. Besonders wurde von zahlreichen Wissenschaftlern die Notwendigkeit einer aktuellen Informationsvermittlung und -versorgung als Voraussetzung für ein hohes Niveau der wissenschaftlichen Arbeit unterstrichen und auf die bestehende Abhängigkeit zwischen dem Niveau der Informationsarbeit und den am internationalen Niveau zu messenden Ergebnissen der Forschungstätigkeit hingewiesen. Die Entwicklung wissenschaftlicher Informationszentren ist deshalb in enger Verbindung mit den wissenschaftlichen „Basisprozessen" der Grundlagendisziplinen und Technikwissenschaften zu betreiben, damit zeitliche und andere Verluste im internationalen wissenschaftlichen Wettstreit vermieden werden.

H. Böhme, Dresden EA 2776

Der Beitrag der elektrischen Antriebstechnik zur automatisierten Fabrik der Zukunft

289. Elektrotechnisches Kolloquium der Sektion Elektrotechnik der TU Dresden am 10. Februar 1988

Nach den Ausführungen des Referenten Prof. Dr.-Ing. habil. *R. Schönfeld* stellt die automatisierte Fabrik qualitativ neue Anforderungen an die elektrische Antriebstechnik. Sie betreffen

— die Reproduzierbarkeit des Bewegungsablaufs
— die Genauigkeit der Bewegung
— eine hohe Verfügbarkeit
— Programmierbarkeit des Bewegungsablaufs
— Selbstoptimierung und Selbstüberwachung des Antriebs.

Die aktuellen Möglichkeiten, diesen Anforderungen zu entsprechen, ergeben sich durch

— Anwendung digitaler Signalverarbeitung mit Rechner
— Anwendung steuerbarer Drehstromantriebe
— Regelung des Zustandsvektors der Bewegung
— Anwendung intelligenter Strukturen.

Der Referent stellte aktuelle Lösungsmöglichkeiten vor und charakterisierte den z.Z. erreichten technischen Stand.
Die Anwendung digitaler Signalverarbeitung auf der Basis von 16-bit-Prozessoren führt zu einer klaren Strukturierung des Antriebssystems. Arithmetikprozessoren und Signalprozessoren werden perspektivisch eine wesentliche Erhöhung der Rechnerleistung zulassen.
Mikrorechner-Regler ermöglichen die feldorientierte Steuerung von Asynchron- und Synchronmotoren. Drehstromantriebe erhalten damit die bekannten guten stationären und dynamischen Eigenschaften der Gleichstromantriebe, erreichen aber eine höhere Verfügbarkeit. Zur Dynamik von Drehstromstellantrieben wurden experimentelle Ergebnisse mitgeteilt.
Vielfach besteht die Aufgabe, eine Bewegung über eine elastische mechanische Verbindung zu übertragen. Die Regelung des Zustandsvektors der Bewegung führt in

diesen Fällen zu besseren Ergebnissen als die klassische Kaskadenregelung. Mit digitalen Reglern sind Zustandsregelungen realisierbar.
Arbeiten zur Entwicklung intelligenter Strukturen für elektrische Antriebe stehen heute zweifellos noch am Anfang. Die große Anzahl der perspektivisch einzusetzenden drehzahlsteuerbaren Antriebe erfordert jedoch, die Strategie der Anpassung und Inbetriebnahme von Antrieben zu überdenken und Verfahren zur rechnergestützten Systemidentifikation und zur selbsttätigen Anpassung der Antriebe an die anzutreibenden Maschinen zur Praxisreife zu führen.

Eine rege Diskussion zu den im Vortrag aufgeworfenen Fragen beendete das Kolloquium.

E. Paulig, Dresden EA 2804

Bereitstellung meteorologischer Informationen für die Elektrotechnik

288. Elektrotechnisches Kolloquium der Sektion Elektrotechnik der Technischen Universität Dresden am 14. Januar 1988

Referent: Dr. rer. nat. *H.-D. Piehl;* Meteorologischer Dienst der DDR, Hauptamt für Klimatologie Potsdam

Der Meteorologische Dienst der DDR erbringt eine Vielzahl an den Bedarf der Volkswirtschaft und der Staatsorgane angepaßter Leistungen. Das sind vor allem:

— Herausgabe meteorologischer Kurz-, Mittel- und Langfristvorhersagen
— rechtzeitige Information über Wetterereignisse, die Gefährdungen oder Störungen hervorrufen können
— Erstellung von Gutachten auf einzelnen Teilgebieten der Meteorologie
— Erteilung von Witterungsauskünften.

Die meteorologischen Informationen und Leistungen werden in geeigneter Weise veröffentlicht. Dazu zählen

— Wettervorhersagen als Rundfunk- und Fernsehwetterberichte; Wettergespräche im Rundfunk; Wetterberichte im Fernsprechdienst der Deutschen Post und als Zeitungswetterberichte verbreitet
— Warnungen vor gefahrdrohenden Wettererscheinungen, als Öffentlichkeitswarnungen zu festliegenden Sendezeiten über Radio DDR I ausgestrahlt
— Witterungsberichte, die beim Postzeitungsvertrieb abonniert werden können, und zwar
täglicher Wetterbericht
Dekadenwitterungsbericht für das Gebiet der DDR
monatliche Niederschlagsberichte für die Bezirke der DDR
monatlicher Witterungsbericht für das Gebiet der DDR
— Meteorologische Jahrbücher und Datenhandbücher mit einem umfangreichen Angebot von Klimadaten für das Gebiet der DDR, die beim Meteorologischen Dienst der DDR direkt bezogen werden können.

Die Bereitstellung meteorologischer Informationen für spezielle Verwendungszwecke ist zwischen den Nutzern und dem Meteorologischen Dienst der DDR schriftlich zu vereinbaren.
Zweifellos werden viele Bereiche der Elektrotechnik von Wetter und Klima beeinflußt und sind daher auf meteorologische Informationen angewiesen. Das ist insbesondere dort gegeben, wo elektrotechnische Anlagen, Geräte und Maschinen direkt den meteorologischen Bedingungen ausgesetzt sind bzw. wo die Effektivität ihres Einsatzes von ihnen abhängt.
Davon sind vor allem Freileitungen und Freiluftschaltanlagen betroffen. So ist die Erarbeitung von Unterlagen für die meteorologisch bedingten Lasten wie Eislast, Windlast und die kombinierte Eis-/Windlast eine wichtige Aufgabe, die in den Bereich der Technischen Meteorologie fällt. Aber auch die Analyse der meteorologischen Bedingungen, die zu langwelligen Leiterseilschwingungen und zu Fremdschichtstörungen führen, und die rechtzeitige Warnung vor solchen Erscheinungen sind Leistungen des Meteorologischen Dienstes für die Elektrotechnik.
Einen angemessenen Raum nimmt die Mitwirkung beim Klimaschutz elektrotechnischer Erzeugnisse ein. Der Meteorologische Dienst stellt weiterhin Klimadaten zur Erschließung neuer Energiequellen wie Sonnen- und Windenergie zur Verfügung.
Eine zielstrebige Nutzung meteorologischer Erkenntnisse und Informationen in allen Phasen des gesellschaftlichen Reproduktionsprozesses ist ein wichtiger Faktor zur

— weiteren Erhöhung der Effektivität der Arbeitsprozesse
— Vermeidung bzw. Minimierung durch Wettereinflüsse bedingter Schäden und Verluste
— Gewährleistung einer hohen betrieblichen und öffentlichen Ordnung und Sicherheit einschließlich der Ableitung erforderlicher Maßnahmen des Katastrophenschutzes
— weiteren Erhöhung der Wirksamkeit von Maßnahmen des Umweltschutzes.

Eine wichtige Voraussetzung hierfür sind

— die Kenntnisse des Einflusses meteorologischer Erscheinungen und Prozesse auf den Produktionsprozeß und auf die Ordnung und Sicherheit im Verantwortungsbereich
— die Kenntnis der Möglichkeiten einer Abwehr schädlicher und einer gezielten Nutzung günstiger Einflüsse
— Kenntnisse über die verfügbaren meteorologischen Informationen und die Möglichkeit ihrer Nutzung.

H. Böhme, Dresden EA 2777

Unser Verlag sucht ab 1989

Beteiligung am Kinderferienlager für etwa 20 Kinder —

Betreuer werden gestellt.

Wir bitten, Angebote an die Redaktion zu richten.

DISSERTATION

Einfluß makroskopischer Fehlstellen auf die elektrische Alterung von Polyethylenkabeln bei Wechselspannungsbelastung

Von *W. Weißenberg*
Dissertation A, Technische Universität Dresden, 1987

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. *W. Mosch*, Prof. Dr. sc. techn. *J. Pilling*, Dr.-Ing. *D. Flügge*

An industriell gefertigten PE-Kabeln der Nennspannungen 10 kV und 20 kV mit bewußt eingearbeiteten, gut reproduzierbaren, typischen Fehlstellen wurden Konstantspannungsversuche zur Untersuchung des Einflusses makroskopischer Fehlstellen auf die elektrische Alterung durchgeführt. Dabei konnte eindeutig zwischen zwei verschiedenen Alterungsarten, der Teilentladungsalterung und der Feldalterung, unterschieden werden. Von den statistischen Auswertungen mit Weibullverteilung ausgehend, wurden Hinweise über zulässige Größen und Anzahl von makroskopischen Fehlstellen, Anregungen zur ökonomischen Dimensionierung, Konstruktion, Herstellungs- und Prüftechnologie gegeben.

W. Mosch, Dresden EA 2762

PATENTE

Verfahren zur Wechselrichteransteuerung über Pulsmuster

DD-WP:	253 126
Int.-Cl.:	H 02 M 7/527
Anmeldetag:	30. 09. 86
Anmelder:	VEB Elektroprojekt und Anlagenbau Berlin

Die Erfindung bezweckt die Vermeidung der Nachteile des bisherigen Standes der Technik und zielt auf eine Verbesserung der Gebrauchswerteigenschaften hin. Insbesondere wird eine Reduzierung der durch die nichtsinusförmige Speisung entstehenden Zusatzverluste in der Last angestrebt, womit der Wirkungsgrad und die Auslastbarkeit erhöht wird.
Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, das entsprechend der im Arbeitspunkt geforderten Grundschwingungsamplitude und Grundschwingungsfrequenz eine anteilige Mischung mindestens zweier benachbarter Pulsmuster vorgenommen wird, wobei der Wechsel zum jeweils anderen Pulsmuster nur nach Ablauf einer oder mehrerer Viertelperioden und vor Beginn einer neuen Viertelperiode der Grundschwingung der Ausgangsspannung erfolgt.

In vorteilhaften Ausgestaltungen der Erfindung kann die Mischung zweier benachbarter Pulsmuster einmal durch einen einmaligen Wechsel innerhalb einer vorgegebenen Meßzeit von einem dem Arbeitspunkt zugeordneten Pulsmuster mit niedrigerer Zündwinkelzahl zu einem Pulsmuster mit höherer Zündwinkelzahl, oder umgekehrt, vorgenommen werden oder aber dadurch,

daß abwechselnd, jeweils über nicht unbedingt konstante aber mindestens der Zeit einer oder ein Vielfaches von einer Viertelperiode der Grundschwingung entsprechende Zeitabschnitte, das Pulsmuster mit höherer Zündwinkelzahl und das dem Arbeitspunkt zugeordnete Pulsmuster mit niedrigerer Zündwinkelzahl zur Ansteuerung benutzt wird.

D. Ufert, Berlin EA 2772

Bürstenhalter als Entstördrossel für Kommutatormotoren

DD-WP: 253 123
Int.-Cl.: H 01 R 39/46
Anmeldetag: 01. 10. 86
Anmelder: VEB Mansfeld-Kombinat Wilhelm Pieck, Eisleben

Die Erfindung betrifft einen Bürstenhalter als Entstördrossel für Kommutatormotoren, der für Heimwerkerbohrmaschinen und mit Kommutatormotoren angetriebene Einzweckwerkzeuge geeignet ist.
Ziel der Erfindung ist es, eine einfache Anordnung von Bürstenhalter und Entstördrossel bei geringer räumlicher Ausdehnung und hoher Entstörwirkung zu erreichen.
Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Funkstörungen von Kommutatormototen gegenüber den bekannten, bisher verwendeten Entstörmitteln auf ein Minimum zu reduzieren, die separate Anordnung der Entstördrossel zu vermeiden, indem der Bürstenhalter selbst als Entstördrossel ausgebildet wird.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß der Bürstenhalter, bestehend aus weichmagnetischem Material oder aus Sintermetall, der Form der aufzunehmenden Kohlebürste angepaßt wird und selbst den Kern der Entstördrossel bildet. Unmittelbar um den Bürstenhalter wird Kupferlackdraht gewickelt, der damit die Spule dieser Entstördrossel bildet. Sein Durchmesser und die Windungszahl sind abhängig vom zu entstörenden Kommutatormotor.

D. Ufert, Berlin EA 2768

Verfahren zur Herstellung folienisolierter Leitungen

DD-WP: 255 026
Int.-Cl.: H 01 B 13/22
Anmeldetag: 18. 11. 86
Anmelder: Kombinat VEB Kabelwerk Oberspree „Wilhelm Pieck" Berlin

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung folienisolierter Leitungen für hohe Temperaturbeanspruchungen, beispielsweise für den Einsatz im Flugzeugbau, aber auch in Geräten für die Datenverarbeitung, wo auf engstem Raum eine Vielzahl von Leitungen montiert werden, deren Isolierung der thermischen Belastung durch Löten standhalten muß.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß eine Sinterung der umbänderten Folie auf dem Leiter durch elektrische Erwärmung des Leiters diskontinuierlich direkt an den Lieferringen oder Trommeln in Form von kurzzeitigen Stromstößen bis zu Temperaturen oberhalb des Schmelzbereiches der Folien durchgeführt wird, wobei die Zeiten der Temperatureinwirkung extrem kurz gehalten werden und im Bereich von 1 bis 100 Sekunden, vorzugsweise 5 bis 30 Sekunden, liegen.
Aufgrund der schlechten Wärmeleitfähigkeit der Folie erfahren die dem Leiter am nächsten liegenden Folienlagen eine größere Erwärmung als die entfernter liegenden. Dadurch wird der Effekt erzielt, daß die von der Temperatur bewirkte Volumenvergrößerung bei der leiternahen Folienlage am größten ist und dadurch zwischen inneren und äußeren Folienlagen ein zusätzlicher Druck aufgebaut wird, der einen festeren Folienverbund bewirkt.
Durch hohe Erwärmung oberhalb des Schmelzbereiches der Folie werden die Folienlagen miteinander so verklebt bzw. verschweißt, daß eine glatte, homogene, wasserdichte, thermisch und mechanisch wie elektrisch und klimatisch hoch belastbare Umbänderung ohne Aufräufeleffekt an den Schnittstellen erreicht wird.

D. Ufert, Berlin EA 2820

Impedanzschutzeinrichtung

DD-WP: 255 034
Int.-Cl.: H 02 H 3/40
Anmeldetag: 18. 11. 86
Anmelder: Zentrales Forschungsinstitut des Verkehrswesens, Institut für Eisenbahnwesen, Magdeburg

Ziel der Erfindung ist es, Beschädigungen der Fahrleitungsanlagen durch Kurzschlußströme und die Beeinflussung von Signal- und Fernmeldeanlagen und anderen elektrotechnischen Anlagen zu vermeiden.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Meßgrößen des Stromes und der Spannung einer Impedanzmeßschaltung zugeführt werden, die aus den Momentanwerten von Strom und Spannung die Impedanz ermittelt und bei Unterschreiten unter eine vorgegebene Impedanz das Abschalten der Fahrleitungsanlage veranlaßt.
Durch das Anordnen eines Phasendetektors mit einem von ihm gesteuerten nachgeschalteten Phasendrehglied werden Spannungs- und Stromsignale in die gleiche Phasenlage gebracht. Das folgende analoge Rechennetzwerk ermittelt aus beiden Meßgrößen die Momentanwerte der Impedanz.
Parallel der Impedanzmeßschaltung ist eine Sperrschaltung angeordnet, die bei undefinierten Impedanzwerten, die im Spannungsnulldurchgang auftreten können, Fehlabschaltsignale verhindert. Ein Nullspannungstrigger mit einem konjunktiv verknüpften Spannungsgradientenindikator sperrt mit einer weiteren konjunktiven Verknüpfung, die des weiteren mit dem Ausgang der Impedanzmeßschaltung verbunden ist, das Abschaltsignal im Spannungsnulldurchgang.
Spannungsabsenkungen und Nullspannung, durch ein Impedanzunterschreiten hervorgerufen, blockieren das Abschaltsignal nicht.

D. Ufert, Berlin EA 2825

Künstlicher Fehlerstrom bei thermischer Motorüberwachung

DD-WP: 255 028
Int.-Cl.: H 01 H 83/14
Anmeldetag: 18. 12. 86
Anmelder: VEB Pumpen und Verdichter, Halle

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Überhitzung in einer Anlage, z. B. einer Elektrotauchpumpe, einer räumlich getrennten Steuerung zu signalisieren, ohne dabei auf ein zusätzliches Steuerkabel angewiesen zu sein.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß in einer Anlage, z. B. einer Elektrotauchpumpe, ein Fehlerstrom künstlich erzeugt wird, der den Fehlerstromschutzschalter zum Abschalten bringt.
Ein weiteres Merkmal besteht darin, daß anstatt des Fehlerstromschutzschalters zur Abschaltung jede andere, die Netzsymmetrie überwachende Einrichtung, anwendbar ist.
Ein anderes Erfindungsmerkmal ist, daß die die Unsymmetrie und damit die Abschaltung auslösende Größe beliebiger Art ist.
Das Ziel der Erfindung besteht darin, den Aufwand zur thermischen Überwachung einer vom Fehlerstromschutzschalter nachgeordneten Anlage zu verringern.
Die Erfindung findet Anwendung bei thermischen Motoren und im Anlagenschutz.

D. Ufert, Berlin EA 2822

Schutzanordnung für Verbraucher mit kapazitivem Gleichstromeingangskreis

DD-WP: 255 033
Int.-Cl.: H 02 H 3/20
Anmeldetag: 17. 12. 86
Anmelder: Kombinat VEB EAW Berlin-Treptow

Die Erfindung betrifft eine Schutzanordnung für Verbraucher mit kapazitivem Gleichstromeingangskreis, die eingangsseitig einen Gleichstromschnellschalter mit elektronischer Auslösung und einen kapazitiven Energiespeicher aufweist.
Die Erfindung kann bei Gleichstromstellern und Wechselrichtern, aber auch in anderen Anlagen, die funktionsbedingt einen kapazitiven Eingangs- oder Zwischenkreis besitzen, zweckmäßig angewendet werden.
Ziel der Erfindung ist es, bei unverminderter Schutzwirkung den technisch-ökonomischen Aufwand für die Schutzanordnung zu senken.
Erfindungsgemäß wird das dadurch gelöst, daß der eine Pol einer Eingangskreiskapazität mit dem einen Pol eines parallel liegenden Speicherkondensators über eine Reihenschaltung von Begrenzungswiderstand und in Durchlaßrichtung angeordneter Diode verbunden ist und daß der Speicherkondensator parallel zur Reihenschaltung eines Anregegliedes und einer Auslöserspule eines Gleichstromschnellschalters liegt.

D. Ufert, Berlin EA 2824

Vorrichtung mit einlegbarem Ständer für konfektionierte, flexible Kabel, Leitungen, Seile, Rohre oder Schläuche mit Armaturen

DD-WP: 254 820
Int.-Cl.: H 02 G 1/18
Anmeldetag: 03. 12. 86
Anmelder: Deutsche Post, Institut für Post- und Fernmeldewesen, Berlin

Die technische Aufgabe besteht darin, eine stapelbare, transportable standfeste Vorrichtung mit einlegbarem Ständer zu schaffen, mit der es möglich ist, ein oder mehrere konfektionierte strangförmige Gebilde einschließlich dazu benötigter, bereits angeschlossener Armaturen auf- und abzuwickeln, die bei Bedarf befestigt werden können.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Vorrichtung aus einem äußeren und einem inneren unteren Führungsring und aus einem vorzugsweise zweiteiligen oberen Führungsring besteht, wobei die unteren Führungsringe durch vorzugsweise sechs im Winkel von 60° zueinander angeordneten, in den Ausmaßen des Ständerrings gekröpften Speichen aus Flachmaterial mit der im Durchmesser gestuften Nabe und wobei der geteilte obere Führungsring durch Z-förmig gebogenen Speichen mit den gekröpften Speichen und der Nabe verbunden und die Z-förmig gebogenen Speichen mit Befestigungslaschen versehen sind. Der Ständer besteht aus einem vorzugsweise metallenen Ständerring aus Rundmaterial. Der Durchmesser des Ständerrings und der Durchmesser, dessen Material der Abkantung der gekröpften Speichen entspricht, und der Ständerring sind über sechs gerade Speichen mit einer Hülse verbunden, die zur Aufnahme einer losen Steckachse mit Kragen für die Nabe der Vorrichtung dient. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden die Nachteile aller bekannten Kabeltrommeln vermieden. Vorteilhaft sind der geringe Materialeinsatz und damit die niedrige Eigenmasse, das unkomplizierte Auf- und Abwickeln ein oder mehrerer konfektionierter Kabel mit den dazugehörenden Armaturen und die sichere, raumsparende und problemlose Stapelbarkeit sowie die durch den Ständer erreichte Standsicherheit.

D. Ufert, Berlin EA 2823

Elektromagnetisch-mechanisches Hafttriebsystem, insbesondere für Relais

DD-WP: 255 221
Int.-Cl.: H 01 H 51/22
Anmeldetag: 19. 12. 86
Anmelder: VEB Relaistechnik Großbreitenbach

Die Erfindung betrifft ein elektromagnetisch-mechanisches Hafttriebsystem, wie es zum Beispiel bei Relais, Schützen und analogen Betätigungs- und Auslösevorrichtungen zum Einsatz kommt.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein radial-magnetisierter Haftdauermagnet, dessen Öffnung der jeweiligen Querschnittsform des verwendeten und mit oder ohne zusätzliche Polfläche ausgeführten Kernes angepaßt ist, bzw. dessen äußere Kontur der Querschnittsform der betreffenden Spule angeglichen und mit einem einen Spalt aufweisenden Magnetflußleitblech versehen sein kann, in unmittelbarer Nähe des Arbeitsluftspaltes angeordnet ist.
Gleichzeitig ist der Haftdauermagnet mit seiner Öffnung mit dem Kern und mit seinem Magnetflußleitblech oder seiner Außenkontur direkt mit dem Joch gekoppelt.
Wird ein Haftdauermagnet ohne Magnetflußleitblech verwendet, können Kern, Joch und Anker aus nichtrostfreiem Weicheisen hergestellt und mit einer Korrosionsschutzschicht versehen werden. Dadurch, daß das erfindungsgemäße Hafttriebsystem sehr einfach und unkompliziert aufgebaut ist und hochwertiges Remanenzeisen im Magnetkreis der Spule in Wegfall kommt, ergeben sich wesentliche Vorteile hinsichtlich einer rationellen Fertigung und hinsichtlich der Qualitätsparameter, da sich die Empfindlichkeit des elektromagnetisch-mechanischen Hafttriebsystems erhöht.

D. Ufert, Berlin EA 2821

Kurzschlußstrombegrenzungseinrichtung und Verfahren zur Steuerung

DD-WP: 254 825
Int.-Cl.: H 02 H 9/02
Anmeldetag: 15. 12. 86
Anmelder: VEB Elektroprojekt und Anlagenbau Berlin

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kurzschlußstrombegrenzungseinrichtung auf Stromrichterbasis zu schaffen, deren Wiederinbetriebnahmezeit nach einer Kurzschlußunterbrechung in weiten Grenzen frei wählbar und nahezu unabhängig von ihr selbst ist.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß im Freilaufzweig einer an sich bekannten Kurzschlußstrom-Begrenzungseinrichtung auf Stromrichterbasis ein Freilaufventil und ein Widerstand in Reihe geschaltet sind. Die Wiederinbetriebnahmezeit nach Kurzschlußausschaltung ist abhängig von den Zeitkonstanten des durch die Reihenschaltung von Freilaufzweig und Gleichstromdrossel darstellbaren Gleichstromkreises. Somit kann durch die gewählte Größe des Widerstandes im Freilaufzweig die Wiederinbetriebnahmezeit beeinflußt werden.
Die Grundschaltung der Kurzschlußstrom-Begrenzungseinrichtung ist ein gesteuerter Stromrichter in Brückenschaltung mit einem aus dem Freilaufventil und einem ohmschen Widerstand bestehenden Freilaufzweig, der den Sternpunkt insbesondere eines Transformators bildet. Die n-phasige Brückenschaltung kann um einen zusätzlichen Brückenzweig zum Anschluß einer Erdverbindung und eines Nulleiters erweitert werden. Die Erdung des Sternpunktes und der Anschluß eines Nulleiters sind aber auch möglich, wenn in Verbindung mit einer einfachen Drehstrombrückenschaltung ein zusätzlicher Sternpunktbildner (z. B. eine Zickzack-Drossel) eingesetzt wird.

D. Ufert, Berlin EA 2827

Anordnung zur Überwachung eines isolierölgefüllten Hochspannungsgerätes, insbesondere eines Transformators

DD-WP: 254 827
Int.-Cl.: H 02 H 5/06
Anmeldetag: 17. 12. 86
Anmelder: ORGREB-Institut für Kraftwerke, Vetschau

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Überwachung eines isolierölgefüllten Hochspannungsgerätes, insbesondere Transformators, mit Zwangsumlaufkühlern, durch die Konzentrationsänderungen schadenspezifischer Zersetzungsgase bewertet werden.
Erfindungsgemäß ist die die augenblickliche Zersetzungsgaszusammensetzung widerspiegelnde Gasbereitstellungseinrichtung in an sich bekannter Weise mit einer semipermeablen Schlauchmembran ausgestattet, die in einen Isolierölkreislauf zwischen der Isolierölpumpendruckleitung und dem Kessel des Hochspannungsgerätes gelegt ist, wobei durch Mehrwegeventile entweder die die Schlauchmembran aufnehmende Gaskammer oder ein Bypaß zu dieser in den zugehörigen Kreislauf der Meß- und Auswerteeinrichtung schaltbar sind und die Einschaltzeit der Gaskammer um ein Mehrfaches kleiner als die des Bypasses gewählt ist.
Es erfolgt somit eine quasikontinuierliche Erfassung von Zersetzungsgasen, d.h., die Gaskammer ist nur für relativ kurze Zeiten im Verhältnis zu relativ langen Anreicherungszeiten in die Meßschleife eingebunden.
Zweckmäßig ist die Schlauchmembran am Kessel mit dem unteren Isolierölentnahmestutzen verbunden, an den auch die zweite Gasbereitstellungseinrichtung angeschlossen ist.
Damit werden folgende Effekte erreicht:

- Ausrüstung eines Transformators mit Zwangsumlaufkühlung mit einer Vor-Ort-Überwachungseinrichtung ohne Außerbetriebnahme desselben
- Nutzung der Druckdifferenz zwischen Isolierölpumpendruckleitung und Kesselunterkante zur Erzeugung des Isolierölstromes durch die Schlauchmembran zwecks schnellen Austausches der Gase auf der Isolierölseite und Meßgasseite
- ständige Zuführung frischen, mit eventuellen Zersetzungsgasen angereicherten Isolieröls
- Sicherung eines effektiven Gasaustausches an der Scheibenmembran.

D. Ufert, Berlin EA 2826

BUCHBESPRECHUNGEN

Leistungselektronik

Hochschullehrbuch

Von Prof. em. Dr.-Ing. habil. *Rudolf Lappe*, Prof. Dr. sc. techn. *Harry Conrad* und Prof. Dr. sc. techn. *Manfred Kronberg*.

VEB Verlag Technik 1988. 1. Auflage. 424 Seiten, 301 Bilder, 21 Tafeln. Kunstleder 32,— Mark. Bestell-Nr. 553 723 1

In Fortführung der intensiven und erfolgreichen editorischen Erschließung der Leistungselektronik im VEB Verlag Technik, die mit der unermüdlichen und anspruchsvollen Autoren- und Herausgebertätigkeit von Prof. em. Dr.-Ing. habil. *Rudolf Lappe* engstens verbunden ist, wird mit dem neuen Hochschullehrbuch Leistungselektronik ein hervorragendes Grundlagenwerk sowohl für Studierende und zur Weiterbildung als auch für Fachingenieure herausgebracht. Damit wird der dringenden Notwendigkeit nach einer fundierten, die neuesten bedeutsamen Entwicklungen der Bauelementebasis, der Schaltungstechnik und der Dimensionierungsverfahren berücksichtigenden Darlegung der theoretischen Grundlagen der Leistungselektronik entsprochen.

Zur Effizienz der Leistungselektronik in ihrer Schlüsselstellung bei Automatisierung, Energieumwandlung und technologischem Fortschritt in vielen Bereichen der Volkswirtschaft und zur Beherrschung ihrer vielseitigen — zum Teil noch nicht voll ausgeschöpften — Möglichkeiten zur Steuerung und Umformung des elektrischen Energieflusses trägt das Buch durch eine umfassende, einheitliche, anwendungsorientierte Betrachtungsweise bei. Dadurch und durch eine methodisch-didaktisch sehr wirksame und ausgewogene Darstellung der Grundlagen eines mit Entwicklungsdynamik ausgefüllten Fachgebietes zeichnet sich das Buch gegenüber anderen Lehr- oder Fachbüchern der Leistungselektronik aus.

Es ist in eine Einleitung, fünf Hauptabschnitte, die auch ein zusammenfassendes Beispiel der Auslegung einer Stromrichteranlage enthalten, und in weitere Abschnitte, die Angaben zu den Übungsaufgaben, Formel- und Schaltzeichen, ein Literatur- und ein Sachwortverzeichnis enthalten, gegliedert.

Im ersten Hauptabschnitt werden die physikalischen Grundlagen und die applikationsrelevanten Eigenschaften der wichtigsten bereits eingeführten und perspektivischen Halbleiterventile ausführlich behandelt mit dem Ziel, den Studierenden zu einem fundierten theoretischen Vorgehen bei deren Anwendung in Stromrichtern zu befähigen. Wichtige Zusammenhänge zwischen „inneren" Bauelementeparametern und schaltungsrelevanten Beanspruchungen werden nicht nur analysiert, sondern — wo praktikabel — in einer für die Dimensionierung von Stromrichtern geeigneten Form aufbereitet. Instruktiv und didaktisch wertvoll sind die kurzen Abschnitte über die Technologie und Meßverfahren der Bauelemente.

In den beiden „zentralen" Hauptabschnitten über die netz-, selbst- und lastgelöschten Stromrichter werden in ansteigender Komplexität die wichtigsten Grundschaltungsstrukturen ausführlich behandelt. Die typischen Stromrichtereigenschaften, -kenngrößen, -kennlinien sowie Berechnungsverfahren werden stets schaltungsbezogen eingeführt, wodurch das Studium erleichtert wird. Detaillierter als in vergleichbaren Lehrbüchern werden die konkreten Anwendungsgebiete der Stromrichter mit Bewertungshinweisen und Realisierungsbeispielen sowie die Besonderheiten der Meßtechnik der Stromrichter zum Vorteil sowohl für den Studierenden als auch für den in der Praxis tätigen Ingenieur dargelegt.

Mit gebührender Ausführlichkeit sind die Steueralgorithmen und die Schaltungstechnik von wichtigen Baugruppen der Steuerung der Stromrichter behandelt worden. Dabei wird erstmalig in einem Lehrbuch breit von der Anwendung von Zustandsgraphen Gebrauch gemacht, womit nicht nur eine Abstrahierung der Formulierung der Steueraufgaben von der Gerätetechnik, sondern auch ein tieferes Verständnis für das Zusammenwirken des Leistungs- und Steuerteils des Stromrichters erzielt wird.

Relevanten Querschnittsproblemen, wie Netzrückwirkungen, Funkstörungen, Kurzschlußstromberechnungen u.a., sowie den Besonderheiten der konstruktiven Ausführung von Stromrichtern ist der letzte Hauptabschnitt gewidmet.

Viele Rechenbeispiele im Text, Übersichtstafeln sowie Übungsaufgaben in jedem Hauptabschnitt mit Lösungsangaben und das umfangreiche Literaturverzeichnis unterstützen ein aktives Einarbeiten in das Fachgebiet.

Bei dem begrenzten Umfang einer Monografie ist verständlich, daß einige Fragen sehr knapp oder nicht behandelt werden konnten, z.B. passive Bauelemente der Leistungselektronik, Zustandsüberwachung und Diagnose bei Stromrichtern, komplexe Kühlsysteme. Im Hinblick auf weitere Auflagen wären Überlegungen angebracht, ob nicht eine konzentrierte Darlegung von allgemeingültigen CAD-orientierten Dimensionierungsverfahren sowie der Prinzipien und Gerätelösungen für Steuerung und Überwachung von Stromrichtern mit Hilfe von Mikrorechnern zweckmäßig sein könnte.

Mit dem Werk „Leistungselektronik" liegt ein anspruchsvolles modernes Hochschullehrbuch vor, das sicherlich einen großen Zuspruch bei Studierenden und Fachingenieuren finden wird. Das Buch ist aber auch allen sehr zu empfehlen, die an den Einsatzmöglichkeiten von leistungselektronischen Einrichtungen interessiert sind.

I. Nikoloff, Hennigsdorf ELB 47

Digitale Regelung elektrischer Antriebe

Von *R. Schönfeld*. Berlin: VEB Verlag Technik 1987. 1. Auflage, 240 Seiten, 210 Bilder, 21 Tafeln. Leinen 33,— M. Bestell-Nr. 553 721 5

Die Digitalisierung der Informationselektronik und damit die zugehörige speicherprogrammierbare Gerätetechnik hat nun auch im industriellen Einsatz unmittelbare Prozeßnähe erreicht. Das heißt, auch der über Stromrichter gespeiste, dynamisch hochwertige, geregelte Gleichstrom- und neuerdings sogar verstärkt der Drehstromantrieb werden zunehmend mit dieser Technik ausgerüstet. Demzufolge macht es sich dringend erforderlich, eine weitgehend geschlossene und anwendungsbreite Darstellung der theoretischen, aber praxisrelevanten Grundlagen zur analytischen und synthetischen Behandlung dieser wichtigen Komponenten von hierarchisch strukturierten Automatisierungsanlagen vorzulegen. Der Verlag Technik will mit diesem Titel die Lücke schließen. Mit Prof. *Schönfeld* (TU Dresden) konnte er zudem einen in der Fachwelt bestens renommierten Autor gewinnen, der umfassende vieljährige Erfahrungen aus Lehre, Forschung und industrieller Praxis in dieses Buch einfließen lassen konnte.

Das Werk richtet sich sowohl an Entwickler als auch an Anwender elektrischer Antriebe. Neben den Grundlagen für Entwurf und Dimensionierung digitaler Antriebsregelungen überhaupt (in Einheit von Hard- und Software) will das Buch vor allem (z.T. sogar ganz spezielle) Lösungsmöglichkeiten für die digitale Steuerung und Regelung solcher Systeme anbieten. Dazu setzt sich der Verfasser in 10 Kapiteln mit

- der digitalen Signalverarbeitung in elektrischen Antrieben
- programmierbaren Steuer- und Regeleinrichtungen
- Entwurf und Optimierung digitaler Regelung
- der Steuerung von Bewegungsabläufen mit kontinuierlichen und diskontinuierlichen Antrieben
- Ansteuerung und Stromregelung von Gleichstromantrieben
- Ansteuerung und Stromregelung selbstgelöschter Stromrichter
- der feldorientierten Steuerung von Drehfeldmaschinen
- der digitalen Drehzahl- und Lageregelung
- der Regelung und optimalen Steuerung von Bewegungsabläufen und
- der Programmierung, Prüfung, Inbetriebsetzung und Wartung digitaler Regelungen

auseinander.

Der Inhalt bietet hohe Aktualität und große Vollständigkeit. Wegen der weitgehend von speziellen Geräten bzw. Bauelementen (Mikroprozessoren u.a.) abgehobenen Darstellungsform werden die konzeptionellen und typischen Aussagen trotz der hohen Entwicklungsgeschwindigkeit im Bereich der Realisierungs-/Anwendungssysteme lange Zeit bestehen. Mit dieser Abstraktion ist aber keine Einbuße an Problembezogenheit und Gegenständlichkeit verbunden.

Infolge des didaktisch und methodisch ausgezeichnet angebotenen Wissens werden vom Leser lediglich Grundkenntnisse der Mikroprozessortechnik sowie der Regelungs- und Antriebstechnik erwartet. Das ist nicht zuletzt auf die instruktive Erläuterung des Textes dank zahlreicher Prinzipschaltbilder für eine gerätetechnische Lösung und durch formalisierte Beschreibungen der zu be-

arbeitenden Algorithmen mit Programmablaufplan, Zustandsgraf sowie durch den „herkömmlichen" Signalflußplan zurückzuführen. Darüber hinaus wird diese positive Wirkung durch die jedem Kapitel beigefügten vollständigen Entwurfs-/Berechnungsbeispiele (insgesamt 43) potenziert.

Das weiterführende aktuelle Quellenverzeichnis (abschnittsbezogen, insgesamt etwa 340 Angaben) eignet sich hervorragend zum Vertiefen des erworbenen Wissens.

Insgesamt wird dieser Titel seinem formulierten Anspruch in jeder Beziehung gerecht. Der Rezensent ist überzeugt, daß das Buch die notwendige Entwicklung der Antriebstechnik beschleunigt und mithilft, die „Scheu" vor ihrer digitalen Ausführung zu überwinden. Da der erreichte Leserkreis nicht nur die oben erwähnte Personengruppe, sondern auch (Elektro-) Technik-Studenten höherer Semester und Ingenieure verwandter Fachgebiete sowie postgradual Auszubildende umfaßt, bleibt abschließend nur die Hoffnung, daß der Verlag in Kürze eine weitere Auflage dieses „Arbeitsbuches" vorlegen wird.

J. Krause, Berlin EA 2805

Schaltgeräte — Grundlagen, Aufbau, Wirkungsweise

Von *M. Lindmayer* (Herausgeber). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag 1987.

Dem Herausgeber ist es gemeinsam mit 7 weiteren Autoren gelungen, eine bemerkenswert konzentrierte Darstellung des aktuellen technisch-physikalischen Standes der Schaltgerätetechnik auf hohem wissenschaftlichen Niveau vorzulegen. Die Autoren sind ausnahmslos erfahrene Ingenieure aus dem Bereich der Schalterherstellung. Das Buch ist in 4 Hauptabschnitte gegliedert:

1. Physikalische Grundlagen (58 Seiten)
   Lichtbogen, Kontaktphysik
2. Beanspruchungen und Anforderungen (35 Seiten)
   Schaltvorgänge, Stromtragfähigkeit und Erwärmung, Zuverlässigkeit
3. Niederspannungsschaltgeräte (65 Seiten)
   Allgemeines, Aufbau und Wirkungsweise
4. Hochspannungsschaltgeräte (71 Seiten)
   Dielektrische Beanspruchungen, Gestaltung der Hochspannungsschaltgeräte.

Nieder- und Hochspannungsschaltgeräte werden also im Buch gleichermaßen behandelt.

Im ersten Abschnitt „Physikalische Grundlagen" findet der Leser eine sehr gute Übersicht vor allem zum Schaltlichtbogen und den auf diesem Gebiet in den letzten Jahren erzielten Fortschritten.

Im Abschnitt „Beanspruchung und Anforderungen" wird systematisch über die Schaltvorgänge, d.h. das Verhalten des Schaltgerätes im Netz, informiert, während die kurze Behandlung von „Stromtragfähigkeit" und „Zuverlässigkeit" deutlich macht, daß auf diesen Gebieten vergleichsweise noch wenig verallgemeinerungsfähige Erkenntnisse vorliegen.

In den beiden abschließenden Abschnitten „Niederspannungsschaltgeräte" und „Hochspannungsschaltgeräte" wird der Aufbau moderner und zugleich typischer Geräte beschrieben. Auffallend ist im Abschnitt „Hochspannungsschaltgeräte" die umfangreiche Besprechung isoliertechnischer Probleme. Allerdings werden schaltertypische Probleme kaum behandelt. Es ist z.B. fraglich, ob man bei der isoliertechnischen Behandlung des Schaltgerätes im ausgeschalteten Zustand vom Zwei-Elektroden-Modell ausgehen kann oder doch besser ein Drei-Elektroden-Modell (beide Kontakte und Erdelektrode) zugrunde legt. Sicher ist in vielen Fällen ein Zwei-Elektroden-Modell ausreichend, aber wohl kaum z.B. für gekapselte Trenner oder beim Kriechüberschlag von Freiluftschaltern mit Doppelschaltköpfen.

Leider enthält das Buch keinen selbständigen Abschnitt über die Mechanik der Schaltgeräte (z.B. Aufbau sowie Kinematik und Kinetik der Antriebe, Belastung und Beanspruchung von Schalterteilen bei Schaltvorgängen und Kurzschlußstrom-Belastungen, Wechselwirkung von Antrieb und Löschvorgang bei autopneumatischen Schaltern u.ä.).

Die Autoren haben in dem vorliegenden Buch den Wissensstand zum Schaltgerät zusammengefaßt und damit sicher für einige Jahre ein Standardwerk auf diesem Gebiet geschaffen. Jeder Spezialist für Schaltgeräte und jeder Ingenieur, der mit Schaltgeräten als Projektant oder Betreiber zu tun hat, sollte mit Hilfe des Buches seinen Wissensstand erneuern und erweitern.

Eine abschließende Bemerkung des Rezensenten sei erlaubt: Dieses Buch besteht — wie alle seine Vorgänger — hauptsächlich aus der Aneinanderreihung tiefgründig behandelter Einzelprobleme: Lichtbogen, Kontakte, isoliertechnische Fragen, Schalteraufbau. Eine Darstellung zur Theorie des technischen Gebildes „Schaltgerät" als Ganzes, die die Wechselwirkung von Belastungen (Hauptparametern) und typischer Wirkprinzipien, der Gestaltung sowie der Dimensionierung enthält, scheint wohl erst in Zukunft möglich zu sein.

H. Böhme, Dresden EA 2668

Mikroarchitekturbeschreibung zur effizienten Programmierung anwendungsorientierter Systeme

Von *Barbara Albert*. Reihe Informatik, Bd. 55. Mannheim — Wien — Zürich: Bibliographisches Institut 1987, 301 Seiten, 74 Bilder

Das Prinzip der Mikroprogrammierung zur Realisierung von Steuerwerken in digitalen Systemen findet eine immer breitere, auch über das ursprünglich eigentlich vorgesehene Gebiet hinausgehende Anwendung (z.B. vertikale Migration, Spezialprozessoren). Die dabei gleichzeitig zu beobachtende Tendenz steigender Länge und Kompliziertheit der Mikroprogramme macht für die, durch den unmittelbaren Hardwarebezug ohnehin außerordentlich schwierige Aufgabe des fehlerfreien und effizienten Entwurfs von Mikroprogrammsteuerwerken und Mikroprogrammen einen weitestgehend rechnergestützten Entwurfsprozeß dringend erforderlich.

Die Autorin des vorliegenden Buches beschäftigt sich insbesondere mit den sprachlichen Mitteln der dabei notwendigen Beschreibung der sogenannten Mikroarchitektur des digitalen Systems, das mikroprogrammiert werden soll. Derartige, als Spezialfälle von Rechnerentwurfssprachen einzuordnende, formale Beschreibungsmittel sind ein wesentlicher und notwendiger Ausgangspunkt für den durchgehend rechnergestützten Entwurfsprozeß von Mikroprogrammsteuerwerken und Mikroprogrammen aus höheren Ebenen heraus. Das Anliegen der Autorin ist dabei ausschließlich die Anwendung solcher Beschreibungen zur Unterstützung des Entwurfs von Mikroprogrammen, z.B. für mikroprogrammierbare Systeme mit dementsprechend bereits vorhandenen Mikroprogramm-Steuerwerksstrukturen.

Im ersten Kapitel gibt die Autorin einen Überblick über die wichtigsten modernen Werkzeuge zur Unterstützung der Mikroprogrammierung auf höheren Ebenen. Aufbauend auf der Unterscheidung von maschinenabhängigen und -unabhängigen Mikroprogrammiersprachen wird das Problem der Verwendung sogenannter Mikroprogrammcompiler erläutert, anschließend das damit eng verbundene Problem der Kompaktierung von Mikroprogrammen. Es folgt ein Vergleich einiger bekannter Mikroarchitektur-Beschreibungssprachen.

Im zweiten Kapitel werden notwendige Anforderungen an eine Mikroarchitektur-Beschreibung aus der Sicht der nachfolgenden Bearbeitungsschritte aufgestellt. Besondere Beachtung wird den sich aus einem modularen Beschreibungskonzept von Systemen ergebenden Konsequenzen für das Beschreibungsmittel geschenkt. Darauf aufbauend wird im dritten Kapitel eine diesen Anforderungen entsprechende neue Mikroarchitektur-Beschreibungssprache, genannt MICRO, vorgestellt, die sich eben vor allem durch ihre Eignung zur modularen Beschreibung von Systemen auszeichnet. Als Beispiele werden Bausteine aus dem Bit-Slice-System AM2900 mit MICRO beschrieben und bearbeitet.

Das vorliegende Buch gibt einen umfassenden Einblick in die Anforderungen an eine Mikroarchitektur-Beschreibung aus der Sicht der Erfordernisse des effizienten Mikroprogrammentwurfs. Bekannte Mikroarchitektur-Beschreibungen werden vorgestellt, eine neue Beschreibungsform MICRO wird entwickelt und diskutiert. Weitere notwendige Entwurfswerkzeuge (z.B. Mikroprogrammiersprachen und Kompaktierung) werden nur informativ erläutert. Das Buch ist für Entwickler derartiger Entwurfssysteme, gleich ob für Mikroprogramme oder auch für Mikroprogrammsteuerwerke, geeignet.

J. Müller, Dresden EA 2779

Documentation

Weller, W.

D. C. Micromotors for Fastidious Drives

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, pp. 285–286, 1 Fig. 1 Table, 4 Equations, 6 Refs.

The micrometer series of the VEB Elektromaschinenwerk Hartha represents high-graded servomotors up to 2,5 Ncm for using both in first-class consumer goods and in precise actuators. Suggestions and hints are given and boundary conditions are illustrated, which have to be considered.

Fichtner, K.

Complete D.C. Servomotors – Dynamic Power Transformers of the Automating Techniques

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, pp. 286–288, 3 Figs., 2 Equations, 3 Refs.

Starting from the spezific parameters of high-graded servomotors the supply of the VEB Stellantriebe Dresden and the completing possibilities with the WMW-NILES modular servo-system WSM 3/RSM are represented and the developing progress of the past 20 years in the servo-drive field of the GDR is documented.

Mühle, B.

Optoelectronic Impulse Machine – a Universal Component of Sensing Speed, Rotating Angle, and Rotating Direction

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, pp. 288–290, 8 Figs., 1 Table

Transforming the mechanical sizes speed, rotating direction, and rotating angle into electric signals is done by the optoelectronic impulse machine, made available by the VEB Kombinat Elektromaschinenbau in different constructions. The high-graded parameters of those make possible both cooperating with minimachines and using in miniaturized device systems. Some examples characterize the advantageous application of the impulse machine.

Möbius, R.

Electronic Motors of Device Drives

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, pp. 291–293, 1 Fig., 2 Refs.

The electronic motor, produced in the VEB Elektromotorenwerk Hartha, is represented with its specific operating parameters. Considering those a characterizing of the present application cases and of possible fields of use is done.

Strehlau, H.-J.

Hermetic Motors – Example of Best Designing a Single-Purpose Drive

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, pp. 293–295, 5 Figs., 2 Tables, 3 Refs.

The specification of hermetic motors as drive of refrigerant compressors is illustrated. Starting from the designing strategy realizing variants are evaluated, considering material-economical and power-economical aspects. Series of such motors are represented, which are produced at present.

Schult, U.

Motors of Low Power Excited by Permanent Magnets for General Application

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, pp. 295–298, 8 Figs., 3 Equations

Starting from the main application fields of little d.c. motors, excited by permanent magnets, the parameters are discussed, considering the aspects of the material use and of the economical requirements. The spezific construction of those motors is represented by means of a typical representant. This contribution illustrates the trend of the further development, which can be expected by the influence of the materials, of the constructive-technological measures, and of specific components.

Steinbach, H.

Measuring Methods of Electric Minimotors during the Developing Phase and the Final Production Control

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, pp. 298–300, 4 Figs., 2 Equations, 6 Refs.

Measuring methods of developing and producing electric minimotors for consumer goods are described. In the developing phase the centroid lies in determining the curve families and evaluating the magnetic properties of the dynamo steel. In the production the centroid lies in rationalizing the product testing by using new testing methods.

Böttcher, R.

Measuring Methods of Determining Directly the Winding Overtemperature of Little Asynchronous Motors

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, pp. 300–302, 7 Figs., 3 Equations

A measuring d.c. is superimposed to the rated current of an electromotor. The winding heating leads to the proportional change of d.c. voltage drop, which by means of an X-Y-recorder and by adapted circuits is recorded as function of the time.

Diederichs, V.

To the Identification of the Model Parameters of Electric Machines by Means of Stochastic Optimization
Part 3: Determination of the Equivalent Circuit Parameters of Asynchronous Machines from Catalogue Specifications

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, pp. 302–307, 7 Figs., 1 Table, 20 Equations, 17 Refs.

By example of standard models of asynchronous machines the use of the identificating method is done. Its verification is done in three planes. Interpretations as well as extending aspects are discussed.

Документация

Веллер, В.

Микродвигатели постоянного тока для приводов, предъявляющих высокие требования

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 8, стр. 285–286, 1 рис., 1 табл., 4 уравн., 6 лит.

Ряд микродвигателей народного предприятия Электромоторенверк Харта представляет высококачественные серводвигатели до 2,5 Ncm как для применения в предметах массового потребления высокого качества, так и в прецизионных сервоприводах. Даются предложения и указания по ним, разъясняются соблюдаемые граничные условия.

Фихтнер, К.

Комплексные серводвигатели постоянного тока — динамические преобразователи энергии в технике автоматизации

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 8, стр. 286–288, 3 рис., 2 уравн., 3 лит.

Исходя из специфичных параметров высококачественных сервоприводов представляются предложение народного предприятия НИЛЕС Штельантрибе Дрезден и возможности комплектации при помощи агрегатного сервокомплекта WMW-NILES WSM 3/RSM и документируется прогресс развития в области сервоприводов в ГДР, достигнутый за последние 20 лет.

Мюле, Б.

Оптоэлектронный датчик импульсов — универсальный узел для учета скорости вращения, угла поворота и направления вращения

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 8, стр. 288–290, 8 рис., 1 табл.

Преобразование механических величин, как скорости вращения, направления вращения и угла поворота, выполняют оптоэлектронные датчики импульсов, выпускаемые народным предприятием Комбинат Электомашиненбау в разных вариантах исполнения, высококачественные параметры которых позволяют взаимодействие с микромашинами и применение в миниатюризованных системах приборов. Некоторые примеры применения отмечают выгодность применения датчика импульсов.

Мёбиус, Р.

Электронные двигатели для приборопривода

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 8, стр. 291–293, 1 рис., 2 лит.

Представляется электронный двигатель, выпускаемый народным предприятием Электромоторенверк Харта, указываются его специальные параметры. На основе этого охарактеризуются сегодняшние примеры применения и возможные области применения.

Стрелау, Х.-Й.

Герметические двигатели — пример оптимального оформления одноцелевого привода

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 8, стр. 293–295, 5 рис., 2 табл., 3 лит.

Разъясняется специфика герметических двигателей как приводов холодильных компрессоров. Исходя из стратегии проектирования и с учетом материало- и энергоэкономических аспектов оцениваются варианты исполнения и представляются ряды изделий, находящиеся на стадии производства.

Шульт, У.

Маломощные двигатели общего применения возбуждаемые от постоянного магнита

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 8, стр. 295–298, 8 рис., 3 уравн.

Исходя из основных областей применения маломощных двигателей возбуждаемых от постоянного магнита обсуждаются их параметры под аспектом применяемого материала и экономических требований. Типовая конструкция таких двигателей представляется на примере аналога. В статье рассматривается ожидаемое направление усовершенствования под влиянием материалов, конструктивно-технологических мер и специальных элементов.

Штайнбах, Х.

Методы измерения для электродвигателей малой мощности на этапе разработки и в процессе окончательного технологического контроля

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 8, стр. 298–300, 4 рис., 2 уравн., 6 лит.

Дается описание методов измерения для расработки и изготовления электродвигателей малой мощности, предназначенных для предметов массового потребления. На этапе разработки основное внимание уделяется определению семейства кривых и магнитных свойств динамной ленты. В процессе изготовления основное внимание уделяется рационализации сплошного контроля путем применения новых способов испытания.

Бёттхер, Р.

Метод измерения для непосредственного определения превышения температуры обмотки над температурой окружающей среды для малых асинхронных двигателей

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 8, стр. 300–302, 7 рис., 3 уравн.,

На номинальный ток электродвигателя накладывается постоянный измерительный ток. Подогрев обмотки обуславливает пропорциональное изменение падения напряжения, записываемого через подходящие схемы при помощи координатного самописца как функция времени.

Дидерихс, В.

Об идентификации модельных параметров электрических машин посредством стохастической оптимизации
Часть 3: Определение на основе справочных данных параметров эквивалентной схемы асинхронных машин

ELEKTRIE, Берлин 42 (1988) 8, стр. 302–307, 1 табл., 7 рис., 20 уравн., 17 лит.

На примере стандартных моделей показывается применение метода идентификации. Проверка его осуществляется на трех уровнях. Обсуждаются интерпретации и дополнительные аспекты.

Dokumentation

Weller, W.

Gleichstrommikromotoren für anspruchsvolle Antriebe

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, S. 285–286, 1 Bild, 1 Tafel, 4 Gln., 6 Lit.

Die Reihe Mikromotoren des VEB Elektromotorenwerk Hartha repräsentiert hochwertige Stellmotoren bis 2,5 Ncm sowohl für den Einsatz in hochwertigen Konsumgütern als auch für Präzisionsstellantriebe. Es werden Anregungen und Hinweise gegeben und zu beachtende Randbedingungen erläutert.

Fichtner, K.

Komplette Gleichstrom-Stellmotoren – dynamische Energiewandler der Automatisierungstechnik

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, S. 286–288, 3 Bilder, 2 Gln., 3 Lit.

Ausgehend von den spezifischen Parametern hochwertiger Stellantriebe werden das Angebot des VEB NILES Stellantriebe Dresden und die Komplettierungsmöglichkeiten mit dem WMW-NILES-Servobaukasten WSM 3/RSM vorgestellt sowie der Entwicklungsfortschritt auf dem Gebiet der Stellantriebe in der DDR in den letzten 20 Jahren dokumentiert.

Mühle, B.

Optoelektronischer Impulsgeber – eine universelle Baueinheit zur Drehzahl-, Drehwinkel- und Drehrichtungserfassung

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, S. 288–290 , 8 Bilder, 1 Tafel

Die Umformung der mechanischen Größen Drehzahl, Drehrichtung und Drehwinkel in elektrischen Signale übernehmen die vom VEB Kombinat Elektromaschinenbau in verschiedenen Ausführungsvarianten bereitgestellten optoelektronischen Impulsgeber, deren hochwertige Parameter die Zusammenarbeit mit Kleinmaschinen und den Einsatz in miniaturisierten Gerätesystemen ermöglichen.
Einige Anwendungsbeispiele kennzeichnen die vorteilhafte Anwendung des Impulsgebers.

Möbius, R.

Elektronikmotoren für Geräteantriebe

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, S. 291–293, 1 Bild, 2 Lit.

Vorgestellt wird der im VEB Elektromotorenwerk Hartha produzierte Elektronikmotor mit seinen speziellen Betriebsparametern. Davon ausgehend erfolgt eine Charakterisierung der derzeitigen Einsatzfälle und möglicher Anwendungsgebiete.

Strehlau, H.-J.

Hermetikmotoren – Beispiel für die optimale Gestaltung eines Einzweckantriebes

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, S. 293–295, 5 Bilder, 2 Tafeln, 3 Lit.

Die Spezifik von Hermetikmotoren als Antrieb von Kältemittelverdichtern wird erläutert. Ausgehend von der Entwurfsstrategie werden unter Beachtung material- und energieökonomischer Gesichtspunkte Auslegungsvarianten bewertet und in der Produktion befindliche Erzeugnisreihen vorgestellt.

Schult, U.

Permanenterregte Motoren kleiner Leistung für allgemeine Anwendung

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, S. 295–298, 8 Bilder, 3 Gln.,

Ausgehend von den Haupteinsatzgebieten kleiner permanenterregter Gleichstrommotoren werden deren Parameter unter den Aspekten des Materialeinsatzes und der ökonomischen Forderungen diskutiert. Die typische Konstruktion dieser Motoren wird anhand eines Typenvertreters dargestellt. Der Beitrag stellt den zu erwartenden Trend der Weiterentwicklung unter dem Einfluß der Werkstoffe, der konstruktiv-technologischen Maßnahmen und spezieller Bauelemente dar.

Steinbach, H.

Meßverfahren für elektrische Kleinmotore in der Entwicklungsphase und in der Fertigungsendkontrolle

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, S. 298–300, 4 Bilder, 2 Gln., 6 Lit.

Es werden Meßverfahren für die Entwicklung und Fertigung elektrischer Kleinmotore für Konsumgüter beschrieben. In der Entwicklungsphase liegt der Schwerpunkt bei der Bestimmung des Kennlinienfeldes und der Ermittlung der magnetischen Eigenschaften des Dynamobandes. In der Fertigung liegt der Schwerpunkt auf einer Rationalisierung der Stückprüfung durch den Einsatz neuer Prüfverfahren.

Böttcher, R.

Meßverfahren zur direkten Ermittlung der Wicklungsübertemperatur bei kleinen Asynchronmotoren

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, S. 300–302, 7 Bilder, 3 Gln.

Dem Nennstrom eines Elektromotors wird ein Meßgleichstrom überlagert. Die Wicklungserwärmung führt zur proportionalen Änderung des Gleichspannungsabfalls, der über geeignete Schaltungen mit einem X-Y-Recorder als Funktion der Zeit aufgezeichnet wird.

Diederichs, V.

Zur Identifikation der Modellparameter elektrischer Maschinen mit stochastischer Optimierung

Teil 3: Bestimmung der Ersatzschaltbildparameter von Asynchronmaschinen aus Katalogangaben

ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 8, S. 302–307, 1 Tafel, 7 Bilder, 20 Gln., 17 Lit.

Am Beispiel von Standardmodellen für Asynchronmaschinen erfolgt die Anwendung der Identifikationsmethode. Deren Verifikation erfolgt in drei Ebenen. Interpretationen sowie weiterführende Gesichtspunkte werden diskutiert.

ELEKTRIE

Herausgeber	Kammer der Technik, Fachverband Elektrotechnik
Verlag	VEB Verlag Technik Oranienburger Str. 13/14, Berlin, DDR, 1020 Telegrammadresse: Technikverlag Berlin Telefon: 2 87 00: Telex: 011 22 28 techn. dd
Verlagsdirektor	Dipl.-Ing. *Klaus Hieronimus*
Redaktion	Dr.-Ing. *Klaus Heide*, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2 87 03 45) Ing. *Günther Barth*, Redakteur (Telefon: 2 87 03 43)
Lizenz-Nr.	1100 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik
Gesamtherstellung	III/18/328 Messedruck Leipzig, BT Borsdorf Borsdorf, 7122
Gestalter	*Eckhardt Natorp* (Telefon: 2 87 02 87)
Anzeigenannahme	Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigenannahmestellen in der DDR, für Wirtschaftsanzeigen der VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, Berlin, 1020, PSF 201 Anzeigenpreisliste Nr. 7 Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, Hermann-Duncker-Str. 89, Berlin, DDR, 1157
Erfüllungsort und Gerichtsstand	Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig.
AN (EDV)	6730
Erscheinungsweise	monatlich 1 Heft
Heftpreis	2,50 M, Abonnementpreis vierteljährlich 7,50 M. Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes BUCHEXPORT zu entnehmen.
Bezugsmöglichkeiten DDR	sämtliche Postämter
SVR Albanien	Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propagandit te Librit Rruga Konference e Pezes, Tirana
VR Bulgarien	Direkzia R.E.P., 11a, Rue Paris, Sofia
VR China	China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P. O. Box 88 Beijing
ČSSR	PNS, – Ústřédni Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Slezská 11, 12000 Praha 2 PNS Ústredna Expedicia a Dovoz Tlače Praha, Posta 022, 88547 Bratislava
SFR Jugoslawien	Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarsko Produzéće MLADOST, Ilica 30, Zagreb
Koreanische DVR	CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang
Republik Kuba	Empresa de Comercio, Exterior de Publicationes, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana
VR Polen	C.K.P.i.W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa
SR Rumänien	D. E. P. Bucaresti Piata Scinteii, Bucaresti
UdSSR	Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' oder Postämter und Postkontore
Ungarische VR	P. K. H. I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P. O. Box 16, 1426 Budapest
SR Vietnam	XUNHASABA 32, Hai Ba Trung, Hà Nôi
BRD und Berlin (West)	ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141–167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30
Österreich	Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, 2345 Brunn am Gebirge
Schweiz	Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich
Alle anderen Länder	örtlicher Fachbuchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, Leipzig, DDR, 7010, Postfach 160; und Leipzig Book Service, Talstraße 29, Leipzig, DDR, 7010

Wieder lieferbar!

Taschenbuch Elektrotechnik

Band 6: Systeme der Elektroenergietechnik

Herausgegeben von Prof. Dr. sc. techn. Dr. techn. h.c. Eugen Philippow

2., unveränderte Auflage. 916 Seiten, 785 Bilder, 248 Tafeln, Kunstleder, DDR 30,— M, Ausland 53,— DM.
Bestellangaben: 5529290/Tb. Elektro 6

Das Taschenbuch Elektrotechnik ist das umfangreichste Nachschlagewerk über die gesamte Elektrotechnik und ihre Grenzgebiete. Es enthält grundsätzliche Aussagen in knapper, redundanzarmer Darstellung sowie eine Fülle quantitativer Angaben in Form von Tabellen, Diagrammen und Zeichnungen.

Der Stoff ist so dargestellt, daß der Nutzer unmittelbar damit arbeiten kann, ohne noch weitere Unterlagen heranziehen zu müssen. Standards des Auslands und internationaler Organisationen wurden im notwendigen Umfang berücksichtigt.

Gliederung des Bandes 6:

Elektrische Energietechnik Grundlagen der Energiewirtschaft · Anlagen der Elektrizitätserzeugung. Betriebs- und Schutzeinrichtungen · Hochspannungsschaltanlagen · Fortleitung und Verteilung elektrischer Energie · Betriebsprobleme in Elektroenergiesystemen · Berechnung und Optimierung von Elektroenergiesystemen

Hochspannungsisoliertechnik Beanspruchung und Isoliervermögen · Elektrischer Durchschlag · Elektrische Isolierungen · Hochspannungsprüf- und -meßtechnik

Elektrowärme Übersicht · Indirekte Widerstandserwärmung · Infrarotstrahlungserwärmung · Direkte Widerstandserwärmung · Lichtbogen- und Plasmaerwärmung · Induktionserwärmung · Dielektrische Erwärmung · Elektronenstrahlerwärmung

Lichttechnik Lichtfeld und Strahlungsfeld. · Physiologische und psychologische Grundlagen der Lichttechnik · Lichterzeugung · Lichtanwendung · Lichtmeßtechnik

Elektrochemie Physikalisch-chemische Grundlagen · Technische Anwendung der Elektrochemie

Sachwörterverzeichnis

Auslieferung in diesen Tagen durch den Fachbuchhandel

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

ISSN 0013–5399
ELEKTRIE · Berlin 42 (1988) 8 · S. 281–320

6730 8 177 027 465
KOMB KERAM WERKE
8612 7001 0136 PF 1

Neuerscheinungen

Drehzahlvariable Drehstromantriebe mit Asynchronmotoren

Von Prof. Dr. sc. techn. Peter-Klaus Budig
296 Seiten, 210 Bilder, 38 Tafeln, Leinen, DDR 40,— M, Ausland 46,— DM.
Bestellangaben: 5538883/Budig, Drehstromantriebe

Drehzahlvariable Drehstromantriebe mit Asynchronmotoren gewinnen gegenwärtig und künftig an Bedeutung, da sie aufgrund ihrer elektrischen und mechanischen Kenngrößen und ihrer Robustheit gegenüber den Umgebungsbedingungen und ihres damit zusammenhängenden relativ geringen Wartungsaufwandes ein breites Einsatzfeld haben. Mit der stetig weitergehenden Entwicklung leistungselektronischer Bauelemente, wie z. B. leistungsstarker Stromrichterventile, ist die Drehzahlstellung von Asynchronmotoren bis in hohe Leistungsbereiche hinein möglich.
Die Probleme, die beim Zusammenwirken von Stromrichter und Motor entstehen, werden anhand der möglichen Stellmethoden und Schaltungsvarianten, von den theoretischen Grundlagen ausgehend, erläutert. Dabei werden auch Hinweise zur Gestaltung von bestimmten konstruktiven Details und deren Auswirkungen auf das angestrebte Betriebsverhalten gegeben.
Das Buch richtet sich an Studenten, Projektanten und Betreiber elektrischer Antriebe und an die, die einzelne Zulieferungen leisten. Es soll dazu beitragen, sich in die komplizierte Thematik einarbeiten zu können und das Verständnis für die physikalischen Vorgänge zu vertiefen.

Hauptabschnitte des Buches:

Zur Geschichte der elektrischen Antriebstechnik und Ausblick · Geregelte Antriebe und Energieökonomie · Vergleich der Gleichstrom- und Drehstromantriebstechnik · Frequenzspannungsgestellte Asynchronmaschine · Verfahren zur Erzeugung der Pulsmuster · Der stromrichtergespeiste ASM · Moment des stromrichtergespeisten ASM · Betrieb des ASM am Wechselrichter · Geregelter Antrieb mit ASM · Die stromrichtergespeiste Synchronmaschine · Literaturverzeichnis.

TURBO-PASCAL

Von Dr. rer. nat. Gerhard Paulin
Reihe Technische Informatik. 208 Seiten, 20 Bilder, 3 Tafeln, Broschur, DDR 20,— M, Ausland 28,— DM. Bestellangaben: 5539210/Paulin, Turbo-Pascal

Das Programmiersystem TURBO-PASCAL ist einerseits für die Ausbildung in einer höheren Programmiersprache und die Dialogarbeit an einem Arbeitsplatzrechner hervorragend geeignet, andererseits gestattet der Sprachumfang die Entwicklung einfacher, aber auch komplexer Anwenderprogramme.
Die Erweiterungen gegenüber PASCAL erlauben einen bequemen Zugriff zu externen Datenfiles, unterstützen durch ein Zeichenkettenkonzept das Arbeiten mit alphanumerischen Daten (d. h. die Entwicklung von Programmen für Textverarbeitung), und aufgrund der Möglichkeiten, Maschinenkode einbetten zu können, eignet sich TURBO-PASCAL auch für die Entwicklung effizienter Systemprogramme.
In dem Buch wird die Programmiersprache systematisch dargestellt, zahlreiche Beispiele illustrieren die Verwendung der Sprachelemente. Darüber hinaus wird auch die Programmentwicklung im Dialog behandelt.

VEB
VERLAG
TECHNIK
BERLIN

Auslieferung in diesen Tagen durch den Fachbuchhandel